

ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1961 г.

№ 1(52)
январь–июнь 2014 г.

Минск
2014

УДК 631.4+631.8(476)
ББК 40.4+40.3(Беи)

Учредитель: Республиканское научное дочернее унитарное предприятие
«Институт почвоведения и агрохимии»

Свидетельство № 721 от 6 октября 2009 г.
Министерства информации Республики Беларусь

Главный редактор В.В. ЛАПА

Редакционная коллегия: М.В. РАК (зам. главного редактора)
А.Ф. ЧЕРНЫШ (зам. главного редактора)
Н.Ю. ЖАБРОВСКАЯ (ответственный секретарь)

С.А. БАЛЮК, Н.Н. БАМБАЛОВ, И.М. БОГДЕВИЧ, И.Р. ВИЛЬДФЛУШ,
А.И. ГОРБЫЛЕВА, С.А. КАСЬЯНЧИК, Н.В. КЛЕБАНОВИЧ,
Н.А. МИХАЙЛОВСКАЯ, Г.В. ПИРОГОВСКАЯ,
Ю.В. ПУТЯТИН, Т.М. СЕРАЯ, Г.С. ЦЫТРОН

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

**№ 1(52)
январь–июнь 2014 г.**

Основан в 1961 г. как сборник научных трудов «Почвоведение и агрохимия»,
с 2004 г. преобразован в периодическое издание –
научный журнал «Почвоведение и агрохимия»

Адрес редакции: 220108, г. Минск, ул. Казинца, 62
Тел. (017) 212-08-21, факс (017) 212-04-02
E-mail brissainform@mail.ru

© Республиканское научное дочернее
унитарное предприятие «Институт почвоведения
и агрохимии», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Черныш А.Ф., Качков Ю.П., Бачило С.С. Типы земель как необходимый элемент обоснования и осуществления территориальной организации агроландшафтов Беларуси	9
Цытрон Г.С., Калюк В.А., Шульгина С.В. Диагностические особенности дегроторфоземов и агродерновых остаточно-оглеенных почв Беларуси.....	24
Черныш А.Ф., Сергеенко В.Т., Цырибко В.Б. Сравнительная оценка агрофизических, микроморфологических свойств и минералогического состава, отражающих степень устойчивости дерново-подзолистых почв, на лессовидных и моренных суглинках к эрозионной деградации.....	32
Цырибко В.Б., Устинова А.М. Банк данных агрофизических свойств почв Беларуси: создание и структура.....	40
Воротынцева Л.И. Использование интегрированных методов в управлении водными и земельными ресурсами в Украине	48
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Бурые лесные почвы Кодр Молдовы: особенности минералогического состава и его трансформации.....	65
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Бурые лесные почвы Кодр Молдовы: баланс минералов	78
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Бурые лесные почвы Кодр Молдовы: природные резервы калия	87
Сябрук О.П., Мирошниченко Н.Н., Доценко А.В. Влияние систем удобрения на эмиссию CO ₂ из чернозема типичного	94
Шилова Н.А. Динамика выделения CO ₂ в посевах полевых культур на дерново-подзолистых и торфяных почвах.....	104
Черный С.Г., Волошенюк А.В. Баланс гумуса в зависимости от технологии поверхностной обработки почвы в дефляционноопасном регионе (на примере южной Степи Украины).....	113
Черячукин Н.И., Мащенко Ю.В. Эффективность основной обработки почвы на черноземах обыкновенных северной Степи Украины	123

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А. Длительность последействия остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений	136
Демиденко А.В., Крывда Ю.И., Величко В.А. Структура севооборотов, обработка почвы, удобрение и плодородие черноземов Лесостепи Украины	149
Богдевич И.М., Ломонос О.Л., Таврыкина О.М. Динамика степени кислотности, обеспеченности кальцием и магнием пахотных и луговых почв Беларуси в результате известкования	159
Лапа В.В., Ульянчик В.И., Серая Т.М., Ганчаревич Т.В., Кобринец С.Н. Влияние способов заделки органического вещества на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве	172
Титова В.И., Забегалов Н.В. Сравнительное изучение влияния цеолита и минеральных удобрений на продуктивность зерновых культур и агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы	190
Абрамович О.В. Баланс элементов питания при внесении органических ферментированных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве ...	199
Бурыкина С.И., Сметанко А.В., Пилипенко В.Н. Урожай и качество пшеницы озимой в условиях Степной зоны Украины.....	210
Господаренко Г.Н., Ткаченко И.Ю. Формирование продуктивности пшеницы спельты в зависимости от удобрения на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом.....	226
Цыбулько Н.Н., Зайцев А.А., Семененко Н.Н. Влияние доз азотных и калийных удобрений на поступление ^{137}Cs в зерно и урожайность яровой пшеницы на антропогенно-преобразованной торфяной почве	236
Щетко А.И., Рыбак А.Р. Влияние применения удобрений на урожайность и вынос элементов питания ячменем при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.....	250
Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Мезенцева Е.Г., Кирдун Т.М., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А. Агрономическая эффективность возделывания кукурузы по соломе ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве	257
Таврыкина О.М., Богдевич И.М., Путятин Ю.В., Довнар В.А., Третьяков Е.С. Диапазон оптимального уровня содержания обменного магния в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах и эффективность серосодержащих удобрений при возделывании кукурузы	268

Содержание

Филимончук Я.С. Влияние агрохимического фона чернозема типичного на минеральное питание кукурузы.....	279
Вильдфлущ И.Р., Мастерова Е.М. Влияние микроудобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания озимой тритикале и кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	284
Сафоновская Г.М., Пироговская Г.В. Урожайность и качество проса на кислой деградированной торфяной почве в зависимости от доз и форм известковых мелиорантов.....	292
Сороко В.И., Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Исаева О.И. Влияние комплексных удобрений на урожайность и качество зеленой массы и семян люпина узколистного на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах	309
Анисимова Т.Ю. Особенности использования соломы в полевом севообороте с узколистным люпином на дерново-подзолистой супесчаной почве	326
Михайловская Н.А., Барашенко Т.Б., Дюсова С.В., Пикун П.Т., Жила Г.В. Влияние бактериального удобрения Азобактерин на урожайность многолетних злаковых трав, качество и аккумуляцию радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr	333
Пироговская Г.В., Мысливец Д.Г., Почицкая И.М. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами и орошения на биохимические показатели качества корнеплодов моркови при ранних и поздних сроках уборки.....	347
Лапа В.В., Ничипорук А.Г. Влияние сроков проведения некорневых подкормок микроэлементами на продуктивность валерианы лекарственной на дерново-подзолистых супесчаных почвах	363
Кастроцкая М.С., Кухарчик Н.В., Гашенко О.А. Адаптация сортов хмеля после культивирования <i>in vitro</i>	370
Сташкевич А.В., Сорока С.В. Вынос элементов питания сорными растениями в посевах кукурузы, возделываемой на зерно	379
Рефераты	387
Правила для авторов	400

CONTENTS

1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Chernysh A.F., Kachkov Yu.P., Bachila S.S. Land types as a necessary element of substantiation and implementation of territorial organization of agrolandscapes of Belarus	9
Tsytron G.S., Kalyuk V.A., Shul'gina S.V. Diagnostic features of drained peat human-transformed soils and agrosoddy reduced-gleied soils of Belarus	24
Chernysh A.F., Sergeenko V.T., Tsyribko V.B. Comparative assessment of agrophysical, micromorphological properties and mineralogical structure, reflecting the degree of resistance to erosion degradation of sod-podzolic soils on loesslike and moraine loams	32
Tsyribko V.B., Ustinova A.M. Data bank of agrophysical soil properties of Belarus: the creation and structure	40
Vorotynseva L.I. Using of integrated methods for management of water and land resources in Ukraine.....	48
Alekseev V.E., Cherbari V.V., Burghelya A.N., Varlamov E.B. Brown forest soils of Moldova's Codry: features of mineralogical composition and its transformation.....	65
Alekseev V.E., Cherbari V.V., Burghelya A.N., Varlamov E.B. Brown forest soils of Moldova's Codry: balance of minerals.....	78
Alekseev V.E., Cherbari V.V., Burghelya A.N., Varlamov E.B. Brown forest soils of Moldova's Codry: natural reserves of potassium.....	87
Syabruk O.P., Miroshnychenko N.N., Dotsenko A.V. Influence of fertilization systems on CO ₂ emissions from chernozem typical.....	94
Shilova N.A. Dynamics of allocation CO ₂ in crops of field cultures on sod-podzolic and peat soils	104
Chornyy S.G., Voloschenyuk A.V. Humus balance by basic crop production technologies in the wind erosion dangerous area (for example the southern Steppe of Ukraine).....	113
Cheryachukin N.I., Mashchenko Yu.V. Effectiveness of prime tillage on chernozem ordinary in the northern Steppe of Ukraine.....	123

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Gracheva A.A. Duration aftereffect of residual quantities of phosphoric and potash fertilizers	136
Demidenko A.V., Krivda Yu.I., Velychko V.A. The structure of crop rotation, tillage, fertilizer and fertility of chernozems of Forest-Steppe of Ukraine.....	149
Bogdevitch I.M., Lomonos O.L., Tavrykina O.M. Dynamics of acidity, calcium and magnesium supply in the arable and grassland soils of Belarus in the course of liming	159
Lapa V.V., Ul'yanchik V.I., Seraya T.M., Gancharevich T.V., Kobrinets S.N. Influence of ways of placement of organic matter on productivity of crop rotation on sod-podzolic sandy soil	172
Titova V.I., Zabegalov N.V. Comparative study of zeolite and mineral fertilizers influence on productivity of grain and agrochemical characteristics of light gray forest loam soil	190
Abramovich O.V. Effect of fermented organic fertilizer on the balance of nutrients on sod-podzolic sandy soil.....	199
Burykina S.I., Smetanko A.V., Pilipenko V.N. Yield and quality of winter wheat in the Steppe zone of Ukraine	210
Gospodarenko G.N., Tkachenko I.Yu. Formation of spelled wheat products by application of fertilizers on chernozem	226
Tsybul'ka N.N., Zaitsev A.A., Semenenko N.N. Influence of doses of nitrogen and potassium fertilizers on ^{137}Cs in grain and products spring wheat in anthropogeno-transformed peat soil.....	236
Shchetko A.I., Rybak A.R. Influence of fertilizer use on productivity and removal of nutrients by barley cultivated on sod-podzolic loamy sand soil.....	250
Seraya T.M., Bogatyreva E.N., Mezentseva E.G., Kirdun T.M., Biryukova O.M., Belyavskaya Yu.A. Agroeconomic efficiency of corn cultivation on barley straw on the sod-podzolic sandy soil	257
Tavrykina O.M., Bogdevich I.M., Putyatin Yu.V., Dovnar V.A., Tret'yakov E.S. Optimum levels of exchangeable magnesium in the podzoluvisol loam soil and efficiency of the sulfur-containing fertilizers for corn production.....	268
Filimonchuk Ya.S. Effect of agrochemical background of chernozem typical on mineral nutrition of maize	279

Vildflush I.R., Masterova E.M. Influence microfertilizers on productivity and economic efficiency cultivation winter triticale and corn on sod-podzolic light loamy soil	284
Safronovskaya G.M., Pirogovskaya G.V. Yield and quality millet on sour destroyed peat soil in depending on doses and forms of calcareous meliorates	292
Soroko V.I., Pirogovskaya G.V., Khmelevskij S.S., Isaeva O.I. Influence of composite fertilizers on yield and qualty of green masse and grain of blue lupine on podzoluvisol sandy loam and luvisol loamy sand soils.....	309
Anisimova T.Yu. Features of straw use and blue lupine in the field crop rotation on sod-podzolic sandy soil	326
Mikhailovskaya N.A., Barashenko T.B., Dyusova S.V., Pikun P.T., Zhila G.V. Effect of biofertilizer Azobacterin on yield, quality and accumulation of ^{137}Cs и ^{90}Sr radionuclides in perennial grasses	333
Pirogovskaya G.V., Myslivets D.G., Pochitskaya I.M. Influence of complex fertilizers with microelements and irrigation on biochemical character of quality of carrot early and late harvesting time	347
Lapa V.V., Nichiporuk A.G. Influence of terms of not root additional fertilizing on common valerian productivity on sod-podzolic sandy soils.....	363
Kastrytskaya M.S., Kukharchyk N.V., Hashenko O.A. Acclimatization of hop cultivars after in vitro propagation.....	370
Stashkevich A.V., Soroka S.V. Nutrition elements removal by weed plants in maize crops cultivated for grain	379
Summaries	387
Rules for authors	400

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

ТИПЫ ЗЕМЕЛЬ КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ ОБОСНОВАНИЯ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ БЕЛАРУСИ

А.Ф. Черныш¹, Ю.П. Качков², С.С. Бачила²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Территориальная организация агроландшафтов является мероприятием долговременного характера, в задачу которого входит оптимальное пространственное размещение сельскохозяйственных земель и других комплексов различного функционального назначения, с учетом естественной пригодности почв, защиты природных ландшафтов от загрязнения, разрушения и истощения, формирования оптимальной структуры посевных площадей и инженерного обустройства территории [1]. Одновременно должно обеспечиваться поддержание эстетических и природно-охраных свойств агроландшафтов, сохранение ландшафтного и биологического разнообразия естественных экосистем и агроландшафтов. Как правило, эти функции осуществляются через составление схем и проектов землеустройства районов, сельхозпредприятий, мелиоративных объектов. При их реализации выполняется функционально-экологическое зонирование агроландшафтов, с уточнением сложившейся структуры земель, выделяются элементы производственной, транспортной и экологической инфраструктур, выявляются и оцениваются конфликтные зоны, уточняются ареалы распространения деградированных почв, устанавливается коэффициент использования земель в зависимости от генетических особенностей природных ландшафтов, сложности их почвенного покрова, при необходимости намечается размещение полезащитных лесных полос.

Одной из существенных составных частей выполнения этих работ является формирование отдельно обрабатываемых рабочих участков, относительно однородных по основным природно-технологическим показателям, определяющим экономическую и экологическую эффективность их использования. Такие участки выступают первичной территориальной единицей учета и внутрихозяйственной оценки земель, формирования системы севооборотов, паспортизации полей нормирования и организации использования и охраны сельскохозяйственных земель в целом.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения таких задач для землеустроительной службы разработана методическая база, состоящая из ряда критериев – агротехнологическая контрастность, увлажнение, эродированность, завалуненность, окультуренность, опасность дефляции и минерализации осущенных торфяников и др., создающих различия экологических и агротехнологических факторов. Каждый из этих факторов может характеризоваться количественными показателями, ранжировка которых позволяет обосновывать и определять параметры участков. Так, минимальная предельная величина участка при максимальных различиях экологических и агротехнологических факторов не должна превышать 3 га, при менее значительных – 3–7 га, при средних – 7–15 и при малых различиях – более 15 га.

Максимальные различия факторов, определяющие размеры участка мене 3 га, основываются: по агротехнологической контрастности потерь сельхозкультур – более 30%, по увлажнению на осущенных угодьях – более 30%, по эродированности различных степеней – 3, завалуненности – 4 степени, окультуренности – разница 5 степеней. Размеры участков более 15 га должны иметь небольшие различия качества почв, не превышающие 10 баллов, при этом в них в случае приуроченности к осущенным массивам не наблюдаются вымочки, отсутствует эрозия или дефляция, но сохраняется опасность их появления и развития, показатели завалуненности различаются всего на одну степень, окультуренности – на две степени.

Таким образом, выделение рабочих участков требует учета множества факторов, что не всегда представляется возможным. Более того, в практике землеустройства это реализуется редко, в чем можно было убедиться при выполнении НИР в 2008–2013 гг. тем: «Разработка и апробация методики почвенно-экологического микрорайонирования территории Беларуси в целях обоснования ландшафтно-адаптивных систем земледелия» и «Выявить закономерности изменения агроэкологического состояния почвенного покрова на основе типологического районирования территории административных районов, ключевых для Северной, Центральной и Южной провинций Беларуси с целью создания базовых моделей землепользования». В качестве объектов исследований при этом были выбраны сельхозпредприятия, ключевые для почвенно-экологических провинций: для Южной провинции – ЧУАП «Озяты» Жабинковского, СПК «Новое Полесье» Лунинецкого, СПК «Советская Белоруссия» Речицкого района; для Центральной – СПК «Носовичи» Добрушского, СПК «Зарянский» Славгородского, СПК им. Фрунзе Дзержинского района; для Северной провинции – СПК «Межаны» и «АгроСервис–Слободка» Браславского, СПК «АгроСервис–Шумилинский» Шумилинского района.

В процессе выполнения этих тем выяснилось, что существующие в девяти сельхозпредприятиях рабочие участки, как правило, редко соответствуют реальному содержанию почвенного покрова. В определенной степени это было обусловлено тем, что в последнее время составленные почвенные карты изобилиуют большим (до 100–150 и более) количеством почвенных разновидностей, соответственно характеризуются отражениями чрезвычайной пестроты почвенного покрова, ориентироваться в которых с трудом приходится даже опытному

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

почвоведу. В то же время рекомендуемые нормативные требования выделения отдельных обрабатываемых рабочих участков в агроландшафтах считаются, очевидно, равноценными, что не всегда справедливо. Считать, например, равноценными завалуненность и увлажнение, вряд ли, правомерно. Кроме того, неясно, достаточно ли одного показателя или нескольких, чтобы выделять рабочий участок той или иной площади, также как необходимость вообще его выделения.

В нормативной базе не обозначены и не определены приоритеты и значимость факторов гранулометрического состава почв и их генетической принадлежности.

Почвенный покров как определяющий агропроизводственно значимый признак агроландшафта необходимо детализировать и дифференцировать, например, следующим образом. Предельно минимальная площадь участка до 3 га – при наличии в контуре почв разного гранулометрического состава (суглинки, супеси, пески), 3–7 га – суглинки, пески, т.е. контрастность почвы, 7–15 га – суглинки, – связные супеси или рыхлые супеси – пески, т.е. неконтрастные почвы, более 15 га – однородный гранулометрический состав. Характер подстилания в этом случае можно не учитывать, но его следует учитывать, если в контуре находятся почвы разного подстилания. При частой смене в контуре характера подстилания предельно минимальная площадь участка не должна выходить за пределы 3 га, при средней смене, 3–7 га, при редкой – 7–15 га, при однородном подстилании, независимо от характера подстилаемой породы размер рабочего участка превышает 15 га.

Аналогичным образом можно учитывать различия в генетической принадлежности почв. При частой смене их, например, дерново-подзолистых заболоченных и дерновых заболоченных почв площадь участка не должна превышать 3 га, средней смене – 3–7 га, редкой – 7–15 га и контур, принадлежащий одному типу почв, можно по площади превышать 15 га. Следует полагать, что использование различных параметров гранулометрического состава и генетической принадлежности почв позволит с большей уверенностью и точностью проводить процесс формирования отдельно обрабатываемых рабочих участков. Однако затруднения методического характера остаются по-прежнему актуальными. В частности, требуют количественного определения понятия «частая», «средняя», «редкая» смена. Необходимо также уточнить, достаточно ли одного или нескольких показателей для обоснования формирования рабочего участка определенной площади.

В качестве альтернативного пути обоснования и формирования рабочих участков может служить типизация земель, базирующаяся на приоритете структуры почвенного покрова [2].

Тип земель должен содержать информацию о почвенном покрове, его структуре и составе, о геоморфологических, литолого-гидрологических особенностях, агроэкологическом фоне; он является связующим звеном между почвенно-экологическим микрорайоном и реальным почвенным покровом. По сути, тип земель – это современный формат агропроизводственной интерпретации почвенного покрова, он представляет собой территорию, единую по природным условиям сельскохозяйственного производства и соразмерную с единицами сельскохозяйственного использования (полями севооборота, рабочими участками,

пастбищными массивами). Типы земель дают обобщенное, синтезированное и в то же время объективное представление о характере и особенностях почвенного покрова, позволяющего в доступной и обозримой форме стать основой формирования рабочих участков. Количество типов земель обычно невелико, например, на изучаемых объектах оно колебалось в узком диапазоне – 5–8 и не всегда коррелировало с неоднородностью почвенного покрова, в зависимости от которой в состав компонентов одного (или близко к нему) типа земель могли входить разные почвы.

Ведущим критерием при выделении типов земель являются почвенные мезокомбинации, образованные компонентами разной генетической принадлежности, разного гранулометрического состава, разной степени увлажнения, эродированности, окультуренности. Видовые различия могут быть связаны с соотношением компонентов, составляющих мезокомбинации.

В связи с изложенными обстоятельствами основной целью исследований стало проведение типизации земель ключевых сельхозпредприятий, отражающих различия почвенно-экологических условий агроландшафтов Беларуси, которая могла бы послужить основой формирования отдельно обрабатываемых рабочих участков. В этом контексте очевидна необходимость анализа и оценки существующей в землеустроительной службе республики методической базы территориальной организации сельхозпредприятий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основные компоненты почвенного покрова в условиях полесских агроландшафтов располагаются на разных высотных уровнях. Чаще всего выделяются повышенные равнинные, пониженные равнинные, пониженные плоские, низкие плоские, котловинные типы земель. Их содержание наполняют почвы разной степени увлажнения, развивающиеся на супесчаных и песчаных породах, мощных или подстилаемых суглинками, с участием карбонатных слоев, торфяные почвы разной степени деградации, обуславливая видовые различия типов земель.

Так, выделенные на территории ЧУАП «Озяты» Жабинковского района 5 типов земель подразделяются на 9 видов земель, рассосредоточенных по высотным ступеням. Территория Жабинковского района находится в пределах зандрово-озерно-аллювиальной равнины Брестского Полесья.

В соответствии с рекомендациями и укоренившейся практикой, на осушенных землях элементы мелиоративных систем и все линейные объекты устройства территории должны совмещаться [3]. Поэтому при выделении отдельно обрабатываемых участков их границы по возможности «привязывались» к мелиоративным каналам.

Однако это далеко не всегда удавалось сделать. В качестве примера можно привести тип земель «повышенные равнинные с отдельными раззвеваемыми ветром буграми и дюнами песчаные осушенные дефляционноопасные, местами очень слабо- и слабопереувлажненные земли». Именно на этих буграх и дюнах мелиоративные мероприятия на окружающей территории стимулировали сильное развитие дефляционных процессов, и включение их в обрабатываемый участок, общий с осушеными переувлажненными почвами, в настоящее время,

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

естественно, не целесообразно. Очевидно, что эти участки следует вообще исключить из состава сельхозугодий. Более того, данный тип земель предпочтительно целиком вывести из сельскохозяйственного севооборота, поскольку (при использовании его, например, под пастбищами) даже умеренный выпас скота чреват прогрессирующей деградацией почвенного покрова [3, 4].

В ряде случаев мелиоративные каналы «расsekали» ареалы типов земель, объединяемых генетической близостью свойств почв, поэтому установление границ рабочих участков представляло определенные трудности. С другой стороны, наблюдались случаи, когда объединялись в единый контур несколько типов земель, не граничашие между собой, но разделяющиеся землями другого типа и к тому же мелиоративными каналами. Их объединение диктовалось соображениями единого характера использования в настоящем и возможностями включения в будущем в один севооборот, даже в одно поле севооборота. При этом отмечены случаи, когда большой массив может быть занят одной группой почв с близкими генетическими свойствами и даже одной почвенной разновидностью.

Аналогичная ситуация с формированием рабочих участков на территории **СПК «Советская Белоруссия Речицкого района** с господством полесских агроландшафтов, принадлежащих Приднепровской зандрово-аллювиальной равнине. Здесь выявлено 5 типов и 21 вид земель, также приуроченных к разным высотным уровням. Их видовые различия более значительные, чем в ЧУАП «Озяты». Они основываются на разнообразии гранулометрического состава (суглинки, супеси, пески), характера подстилания, разной степени увлажнения, наличии карбонатных слоев, деградированных торфяников, пойменных почв разного аллювия, их осушенных и польдерных вариантов.

Например, в типе 3 «низкие плоские средне- и сильнопереувлажненные мало- и среднемощные осушенные дефляционноопасные земли» выделено 6 видов, отличающихся по этим признакам. Входящие в этот тип (виды) земель дерновые заболачиваемые почвы после осушения начинают подвергаться процессам оподзоливания, а при наличии карбонатных слоев они превращаются в карбонатные солончаки, что вообще нежелательно.

На территории **СПК «Новое Полесье Лунинецкого района**, находящегося в границах обширной озерно-аллювиальной и аллювиальной равнины Припятского Полесья, выделены 8 типов (высокие волнистые песчаные; пониженные равнинные заболоченные песчаные; пониженные плоские заболоченные песчаные осушенные; пониженные волнистые заболоченные песчаные в сочетании с торфяными слабодеградированными; низкие торфяные осушенные; слабо- и среднедеградированные остаточно-торфяные осушенные; сильно- и очень сильно деградированные торфяно-минеральные осушенные; пойменные плосковолнистые заболоченные супесчано-песчаные в сочетании с торфяными слабодеградированными осушенные; пойменные плоские заболоченные супесчаные) и 12 видов земель.

Следует отметить здесь широкое распространение деградированных почв – они занимают до 10% площади сельхозугодий, местами образуя автономные рабочие участки, почвенный покров которых по большей части достаточно четко диагностирован. При этом очень сильно- и сильнодеградированные торфяно-минеральные почвы следует незамедлительно выводить из интенсивного

сельскохозяйственного оборота, учитывая их большую дефляционную опасность (потенциальный вынос 12,0–15,0 т/га и более в год) и крайне низкое плодородие [4]. Земли со слабо- и среднедеградированными торфяными почвами должны использоваться в сельскохозяйственном обороте при строгом соблюдении норм и приемов щадящего земледелия. Слабая степень деградации присутствует также в типах земель со сравнительно недавно осушенными торфяными почвами, даже когда процессы деградация визуально не всегда просматриваются.

Пойменный тип земель рек Днепра и Припяти, распространенный на территории СПК «Новое Полесье» и «Советская Белоруссия», предпочтительно все же сохранить в естественном состоянии, используя в качестве кормовых угодий.

Существующие границы рабочих участков в полесских агроландшафтах далеко не всегда соответствуют реальному содержанию почвенного покрова, соединяя в единое целое зачастую резко контрастирующие между собой почвы. Например, пойменные почвы могут быть объединены с водораздельными, торфяные – с минеральными при наличии возможности и обоснованности их разделения и формирования новых рабочих участков. Типизация земель позволяет устраниТЬ эти очевидные упущения.

В условиях полесских агроландшафтов типы земель «привязаны» чаще всего к мелиоративным каналам, их границы могут проходить также по дорогам, дамбам, контурам угодий.

В ряде случаев, в особенности, когда типы (виды) земель, соседствующие между собой, резко отличаются, границы участков приурочиваются к очертаниям типов (видов) земель. При этом эти границы новых обрабатываемых рабочих участков, как правило, огрубляются, спрямляются, опираясь на границы типов земель. В пойме Припяти и Днепра естественными границами являются польдеры, старицы. Площади формирующихся рабочих участков варьируют в очень широком диапазоне – от 7 до 150 га и более, что отвечает разным уровням неоднородности почвенного покрова.

По существующим нормативам, для агроландшафтов вторичных водоно-ледниковых и болотных равнин, в пределах которых располагаются ЧУАП «Озяты», СПК «Советская Белоруссия», «Новое Полесье», после осушения 70–80% их площади может использоваться в качестве сельхозугодий, а предельно допустимые размеры экологического упрощения данных агроландшафтов – 70–75% [3]. Рекомендуемая ширина межканальных участков находится в пределах 500–1000 м, длина – 1000–2000 м, однако на практике это возможно при больших массивах осушенных земель и сравнительно однородном почвенном покрове, что бывает достаточно редко.

Добрушский район является характерным районом распространения водоно-ледниковых и зандровых равнин и низин Предполесья, сложенных преимущественно супесями и песками, относящегося к Центральной почвенно-экологической провинции.

На территории ключевого сельхозпредприятия «Носовичи» Добрушского района выделены широковолнистые, плосковолнистые, плоские, ложбинные, котловинные, пойменные типы земель, сформированные, как и в полесских агроландшафтах, преимущественно на рыхлых породах (рыхлых супесях, реже связных песках), местами с подстиланием морены, и только в ложбинах распространены

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

более связные и к тому же пылеватые породы (маломощные лессовидные связные супеси, подстилаемые песками).

Видовые различия выделенных 6 типов земель связаны с разной глубиной залегания морены или ее отсутствием, доминированием определенной степени увлажнения, с разной градацией гранулометрического состава, разной мощностью торфяной залежи в котловинах или в пойме небольшой реки, пестрого аллювия.

Наиболее распространенный 1 тип земель характеризуется преобладанием волнистого рельефа, нормального характера увлажнения, рыхлосупесчаных почвообразующих пород, песчаного подстилания. Особого внимания заслуживает ложбинный тип земель, его пылевато-связносупесчаный гранулометрический состав и выраженная переувлажненность, что обуславливает необходимость выделения их в автономные рабочие участки, не предусмотренные в проектах землеустройства. Очевидно, что здесь должен быть несколько другой набор возделываемых культур и необходимо проведении, по крайней мере, агромелиоративных мероприятий. Вкрапления среди общего фона рыхлосупесчаных почв (тип 1) песчаных пятен также дает основание обособления подобных территорий в новый тип земель и, соответственно, формирования новых рабочих участков. В тех случаях, когда песчаные почвы занимают подавляющую часть территории, наряду с созданием в ареале их распространения новых рабочих участков следует значительно «сузить» набор сельскохозяйственных культур. В необходимых коррективах нуждаются также границы существующих и предлагаемых новых обрабатываемых рабочих участков в связи с радиационным загрязнением около 25% территории сельхозпредприятия (степень загрязнения в среднем составляет 85 кБк/км²). Пойменный тип земель следует использовать как естественные кормовые угодья. Границы предлагаемых рабочих участков по возможности приурочиваются к дорогам, ложбинам, угодьям либо к огрубленным очертаниям типов земель.

Славгородский район в геоморфологическом отношении представляет плосковолнистую морено-водноледниковую равнину, местами со сглаженными моренными грядами с достаточно пестрыми почвообразующими породами, составляя в целом типичную картину Центральной почвенно-экологической провинции, ее равнинной части.

На территории ключевого сельхозпредприятия **СПК «Зарянский» Славгородского района** распространены широковолнистые, плосковолнистые, покатосклоновые, ложбинные, пойменные типы земель, разделенные на 9 видов. Их разграничения осуществляются по признакам разной глубины залегания морены, реже песков, разной степени увлажнения, наличия эродированных почв, разного гранулометрического состава (с преобладанием рыхлосупесчаных пород), характера подверженности мелиоративного воздействия. Однако эти очевидные различия не нашли отражения в проектах землеустройства, в которых сформированная почти правильная сеть прямоугольников рабочих участков «привязана» в основном к дорожной сети. Например, не выделены рассекающие территорию достаточно глубокие ложбины, по склонам которых отмечается проявление эрозионных процессов, а по их днищам распространены сильно переувлажненные (дерновые заболоченные) и даже заболоченные (торфяно-болотные) почвы. Очевидно, эти ложбины необходимо вычленить в автономные рабочие

участки, соответствующие приуроченному к ним особому типу земель, используя их в качестве луговых угодий.

Следовало также учесть факт присутствия среди преобладающего фона рыхлосупесчаных почв песчаных пятен, другой глубины залегания подстилающей породы, ее разного характера, наличия эродированных почв, зачастую суглинистого гранулометрического состава. Все эти обстоятельства приняты во внимание при формировании новых рабочих участков, границы которых по возможности были совмещены с дорогами, мелиоративными каналами, границами угодий, в ряде случаев – с упрощенными границами типов земель. Границы рабочих участков должны быть откорректированы также в связи с сильной степенью радиационного загрязнения территории (в среднем 370 кБк/км²).

Доминирующий на территории сельхозпредприятий тип 1 «плоско-волнистых непереувлажненных и слабопереувлажненных рыхло-, реже связносупесчаных земель» можно достаточно широко использовать в сельскохозяйственном производстве: наиболее широко с близким моренным подстиланием (вид 1а); с более ограниченным набором сельскохозяйственных культур – с более глубоким залеганием морены или вообще с подстиланием песками (вид 1б); с учетом почвозащитных мероприятий на участках с проявлением эрозионных процессов (вид 1в). Однако высокие уровни радиационного загрязнения сдерживают сельскохозяйственное использование земель. Естественно, земли типа песчаных земель должны быть выведены из сельхозоборота в первую очередь. Границы рабочих участков пойменного типа земель, приуроченного в основном к левобережной части р. Сож, представленного видами земель с минеральными (суглинисто-супесчаными) и реже песчаными почвами (вид 5а) либо торфяными осушенными (вид 5б), также нуждаются в корректировке как в связи с несоответствием их содержанию почвенного покрова, так в связи со степенью и характером радиационного загрязнения. Естественно, должен быть выделен и переориентирован в использовании (залужение) тип земель овражно-балочного комплекса, имеющий ограниченное распространение.

Диапазон колебаний размеров рабочих участков в сельхозпредприятиях «Носовичи» и «Зарянский», характеризующихся равнинным рельефом и относительным разнообразием почвообразующих пород, составляет от 7–8 до 70–90 га.

СПК им. Фрунзе, ключевое сельхозпредприятие **Дзержинского района**, характеризует почвенно-геоморфологические условия Минской возвышенности, с ее денудированным холмисто-грядовым рельефом, большой распаханностью территории, широким распространением эрозионноопасных склонов, сложенных лессовидными суглинками. Все это способствовало интенсивному развитию эрозионных процессов – 34% площади пашни сельхозпредприятия уже подвержено эрозии. Поэтому проведению типизации земель предшествовало составление карты эродированных земель, на которой выделялись в пределах существующих рабочих участков почвы разной степени эродированности. Естественно, что среди 7 выделенных типов земель в 4 из них в той или иной степени представлены эродированные почвы. Так, в типе 2 пологоволнистых и типе 3 покато-волнистых земель, образованных мощными лессовидными суглинками, присутствует 70–75% эродированных почв, с преобладанием во 2 типе – слабоэродированных, в 3 типе – среднеэродированных. В типе 5 полого-волнистых

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

песчанисто-суглинистых земель, подстилаемых мореной, 50% эродированных почв с доминированием почв, в слабой степени подверженных эрозии.

Очень ограниченное распространение имеют покатосклонные среднеэродируемые супесчаные на морене земли, а также пойменный тип сильнопереувлажненных суглинистых земель. Самый распространенный тип плоско-волнистых непереувлажненных и слабопереувлажненных пылевато-суглинистых земель представлен на всей территории сельхозпредприятия.

Широкое развитие эрозионных процессов не нашло, однако, отражение в расположении границ существующих рабочих участков. В определенной степени это связано с недостаточным количеством естественных рубежей, благоприятствующих формированию рабочих участков. Их площади изменяются в очень широких интервалах – от 1,6 до 176,6 га. Очень часто они объединяют в единый выдел разные по площади контуры с эродированными, притом в разной степени, с неэродированными и даже осушеными почвами. Поэтому контуры типов земель, содержащие эродированные почвы, «вписаны» в новые границы рабочих участков, которым придан в зависимости от насыщенности их в разной степени эродированными почвами разнообразный характер сельскохозяйственного использования [4]. Например, земли 6 типа, имеющие максимальную долю эродированных почв (85%), к тому же облегченного гранулометрического состава, следует исключить из площади пахотных земель. Земли 3 типа, представленные преимущественно среднеэродированными почвами, в качестве обрабатываемых земель могут использоваться лишь со значительными ограничениями. На землях 3 и 5 типов, образованных по большей части слабоэродаляемыми вариантами почв, необходимо размещать разнотравно-пропашные севообороты. Земли 1 и 4 типов, в составе почвенного покрова которого распространены слабопереувлажненные компоненты, нуждаются в агромелиорации. Пойменные земли 7-го типа следует сохранить в естественном состоянии.

СПК «Агросервис Шумилинский» Шумилинского района представляет почвенный покров и типы земель равнинных агроландшафтов Белорусского Поозерья, его Полоцкую низину. Для него характерны более однородные природные условия, благодаря которым на суглинистых и супесчаных породах, подстилаемых моренными суглинками или озерно-ледниковыми глинами на преобладающей равнинной территории, формируются преимущественно переувлажненные почвы. Они сгруппированы в 7 типов земель, различающихся по степени увлажнения, гранулометрическому составу почв, мелиоративному состоянию, степени неоднородности почвенного покрова и, соответственно, по характеру использования (современному и перспективному). Преобладает 2 тип земель – плоские супесчаные на морене: а) слабопереувлажненные и б) среднепереувлажненные и 3 тип – те же осушенные земли. Выделяется также тип плоских среднепереувлажненных суглинистых на озерно-ледниковых глинах земель (тип 4). К ложбинам приурочены сильнопереувлажненные суглинистые и супесчаные почвы (тип 5), к котловинам – торфяные почвы (тип 6 торфяные низинные а) неосушенных и б) осушенных земель и 7 тип земель торфяных переходного и верхового типов почв). Наконец, на небольших грядообразных повышениях располагается тип песчаных непереувлажненных земель (тип 1).

Существующие границы рабочих участков далеко не всегда соответствуют содержанию почвенного покрова, его составу и структуре. Например, большие

массивы со слабопереувлажненными (временно избыточно увлажненными) почвами отведены под кормовые угодья, а с более переувлажненными (глееватыми) и более связными (даже среднесуглинистыми) почвами – под пашню. Если первые можно использовать под пахотные угодья, применяя лишь агромелиоративные мероприятия, то вторые нуждаются при использовании под пашню в гидротехнической мелиорации, с не всегда предсказуемым эффектом. Встречаются также земли с более сложным рельефом, даже с островками эродированных почв и достаточно неоднородным почвенным покровом (тип 2б), которые предпочтительно использовать под луговые угодья. Очевиден аналогичный характер использования суглинистых земель ложбин (тип 5), сохранения в естественном состоянии торфяных почв переходного и верхового типа почв (тип 7) или торфяно-болотных почв низинного типа с малой мощностью торфа, приуроченных к малым котловинам (тип 6а), закрепления лесными насаждениями песчаных земель, занимающих небольшие грядообразные повышения (тип 1).

Границы современных обрабатываемых рабочих участков проведены по дорогам (железным, грунтовым), границам осушенных земель, мелиоративным каналам, в ряде случаев рабочие участки обозначены извилистыми границами угодий, существовавших в прошлом.

В то же время характер и особенности почвенного покрова, формирующиеся на его основе типы земель позволяют значительно разнообразить выделение рабочих участков, устанавливать их границы в соответствии с ареалами типов земель и, следовательно, проводить границы по их огрубленным, спрямленным очертаниям.

СПК «Межаны» Браславского района представляет агроландшафты мелко- и среднехолмистых моренных возвышенностей, входящих в состав Браславской конечно-моренной возвышенности, занимающей северную и центральную часть Браславского района. Ее отличают широкое развитие эрозионных процессов, раздробленные, мелкоконтурные земельные угодья. Для этих агроландшафтов характерна минимальная величина предельно допустимых размеров экологического упрощения среди всех агроландшафтов (50–55%) и минимальная величина коэффициента использования земель (0,55–0,65) [3].

При типизации земель было выделено 8 типов и 14 видов земель. Ведущими критериями их различия были: разнообразие почвообразующих пород и процессы водной и механической эрозии, образующие сложные по составу и генезису почвенные мезокомбинации, ставшие основой формирования типов земель. Так, выделяется тип холмисто-волнистых эродированных, непереувлажненных, слабо-, реже среднепереувлажненных с участием сильнопереувлажненных и заболоченных почв ложбин и малых котловин: а) суглинистых, б) супесчаных земель (тип 1).

Видовые различия по гранулометрическому составу: а) суглинистые, б) супесчаные прослеживаются также в типе 2 «плоско-волнистые слабо- и среднепереувлажненные с участием сильнопереувлажненных и заболоченных земель ложбин и малых котловин и непереувлажненных эродируемых земель отдельных холмов» и типе 3 «плоские средне-, реже слабопереувлажненные земли с участием сильнопереувлажненных и заболоченных земель ложбин и малых котловин». Участок водно-ледниковой низины явился основой формирования типа «плоских слабо-, реже среднепереувлажненных земель с дефлированными

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

землями отдельных бугров и дюн и участием сильноуперевлажненных и заболоченных земель ложбин и малых котловин (тип 4)». В то же время в больших и средних котловинах, заполненных минеральным или органогенным субстратом, формируются сильноуперевлажненные супесчано-суглинистые земли (тип 5), заболоченные торфяные: а) маломощные низинные, б) среднемощные и мощные низинные, в) среднемощные верхового типа (тип 6); осушенные земли: а) сильноуперевлажненные суглинисто-супесчаные, б) заболоченные торфяные (тип 7). Наконец, к пойме р. Ричанки, ее широкой части приурочен тип пойменных земель: а) сильноуперевлажненных супесчаных, б) заболоченных маломощных торфяных, в) заболоченных среднемощных и мощных торфяных (тип 8).

Сопоставление уже сформированных рабочих участков в девяти изучаемых сельскохозяйственных организациях с границами рабочих участков, предлагаемых с учетом типов земель, показало, что они далеко не совпадают как по границам, так по составу и структуре. В наибольшей степени это проявилось при формировании рабочих участков на территории с развитием эрозионных процессов, где не учитывался эрозионный фактор и неоднородность почвенного покрова.

Так, на территории **СПК «Агрослободка» Браславского района** (со среднеколмистым котловинным моренным рельефом с суглинисто-супесчаными на морене эродируемыми почвами на холмах и торфяными в котловинах) более 100 рабочих участков площадью 40–50 га различного назначения – пашенного, сенокосного, пастбищного – выделены фактически в равных почвенно-геоморфологических условиях. В то же время они нередко объединяют совершенно разные, контрастные почвы, например, минеральные и торфяные. Границы участков «привязаны» к дорогам, отчасти – к мелиоративным каналам, что лишает их какого-либо природного, в частности, почвенного обоснования. Участки обычно имеют близкие по площади размеры, представляют собой неправильные многогранники (чаще – четырех-, пятиугольники) вытянутой или квадратной формы, не связанной с какими-либо природными рубежами. Выделяемые внутри них элементарные участки часто приурочены к определенным мезоформам рельефа – холмам, реже котловинам, но иногда в условиях практически одинакового почвенного покрова они «режут» рабочие участки, что связано, очевидно, с различиями агрохимического фона.

Предлагаемые нами границы рабочих участков приурочены к типам земель. Это могут быть наиболее распространенные типы земель, которые отличаются гранулометрическим составом (суглинистые, супесчаные, супесчано-песчаные), но в каждом из которых присутствует определенное количество эродированных почв – 7–28%. Естественно, что их площадь наиболее велика (23–28%) в условиях холмисто-моренного рельефа с супесчано-суглинистым субстратом. Они имеют весьма сложные очертания, часто причудливые, также, как расчленяющие их многочисленные котловины, к которым приурочен тип торфяных земель, неосущенных и осущенных. Более простые очертания границ свойственны типу земель, ареал которого идентифицирует распространение озерно-ледниковых суглинисто-супесчаных отложений с плоским рельефом. Этот тип земель характеризует также, естественно, менее сложный состав слагающих их компонентов, в отличие от типов земель, насыщенных эродированными почвами. Поэтому здесь должно осуществляться почвозащитное земледелие и почвозащитная организация территории [4]. В соответствии с этими рекомендациями

предлагаемые границы рабочих участков должны быть отнесены к одной определенной агротехнологической группе, выделяемой в зависимости от степени проявления эрозии. При этом участки, включающие свыше 30% и более эрозионноопасных земель, выделяются в группы менее интенсивного использования. Фактически это не представляется возможным, поскольку выделяемые на картах масштаба 1:10000 типы земель объединяют, по сути, их сочетания, каждому из которых должны быть приурочены более дробные рабочие или элементарные участки.

Почти такое же количество почвенных разновидностей в составе почвенно-го покрова, как и на землях сельскохозяйственной организации, присутствует и на значительно меньших по площади земельных участках. Их распространение можно было воссоздать лишь на основе детальной почвенной съемки крупного (1:1000) масштаба ключевого участка. Он был заложен в пределах ареала холмистых эродируемых суглинистых земель (тип 1), представленных на ограниченной площади (20 га), с тремя моренными холмами, камовым холмом и озовой грядой, возвышающимися на 5–15 м над четырьмя небольшими котловинами. Здесь распространен широкий набор почвообразующих пород – от моренных карбонатных суглинков и супесей до водно-ледниковых песков, а также органических пород. В условиях преобладания пологих и покатых (5–7° и более), преимущественно коротких (100–200 м) склонов широкое развитие получила, наряду с водной (плоскостной) эрозией, механическая эрозия, связанная с перемещением почвообрабатывающими орудиями и механизмами пластов почв вниз по склонам. Совместное действие этих двух видов эрозии обусловило то, что более 80% площади участка занимают в той или иной степени эродированные почвы – от очень сильно смытых до очень сильно намытых. В совокупности, накладываясь на пеструю литологическую основу, это определяет чрезвычайную пестроту почвенного покрова (средняя величина почвенного ареала всего 0,05 га), а также высокую степень его контрастности. Отражением чрезвычайной пестроты почвенного покрова является также наличие в пределах малых ареалов почв с разной степенью их обеспеченности гумусом, элементами питания и, как следствие, очень большой амплитуды колебаний урожая возделываемых сельхозкультур (для зерновых она достигает до 10 раз, для трав – 3 раза и более). Все это предъявляет особые требования к оптимальному использованию почвенного покрова рабочих участков.

Агропроизводственная группировка составляющих компонентов на основании близости их генетических свойств лишена какого-либо практического смысла – здесь выделяются 17 агрогрупп почв. Поэтому основные черты пестроты почвенного покрова сохраняются. В этом случае необходимы другие решения и иной уровень обобщения и интерпретации. В частности, применительно к данному масштабу почвенных карт при исследовании следует определить микрокомбинации, которые образуют почвы той или иной мезоформы рельефа (холм, гряда, котловина). Формирующаяся здесь на конкретной почвообразующей породе микрокомбинация почв становится основой образования по сути типа земель, но характеризующегося исключительно малыми размерами. В этом случае появляется возможность «привязаться» не только к форме мезорельефа, но и к ее существенной характеристики, например, крутизне склона. Здесь выделяются 4 (а по сути 5) типа земель, которые должны различаться характером использования.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Тип покатосклонных суглинистых земель, включающий более 50% эродируемых земель, характеризуется резко выраженной пестротой водно-физических, агрохимических свойств и пестротой урожаев, в особенности зерновых культур, и поэтому оптимальное его использование, как и практиковалось в далеком прошлом, – под посевы многолетних трав, обладающих высокой почвозащитной эффективностью. В прошлом веке (до 40-х годов) раздельные посевы трав проводились на склонах эродируемых холмов: в верхних частях, где обычно благоприятная (нейтральная или даже слабощелочная) реакция среды, выращивалась люцерна (особый браславский сорт), в нижних, для которых были характерны кислые почвы, – лядвенец рогатый. Пологосклонные супесчаные земли характеризуются значительно меньшей долей эродированных почв (до 30%), поэтому их использование может носить более широкий характер и здесь применимы зернотравяные севообороты. Третий тип (подтип) пологосклонных песчаных земель обладает очень низким агропроизводственным потенциалом и должен быть исключен из сельскохозяйственного оборота. Очевидное направление использования котловинных низинных торфяных земель 4 типа – под кормовые угодья. Здесь на субстрате низинного торфа начинают формироваться торфяные почвы переходного типа и, по сути, новый тип земель.

Поскольку земли котловин в значительной степени заболочены, в целях более эффективного их использования необходима осушительная мелиорация. Ряд котловин средних и крупных размеров с торфяно-болотными почвами низинного типа разной мощности, находящихся на территории сельхозпредприятия, уже осушены и используются в качестве как пахотных, так и луговых земель. На них необходимо соблюдать приемы и способы почвозащитного земледелия, их границы очерчены конфигурацией котловин. Тип земель с перегнойно-глеевыми почвами, приуроченный к пойме р. Друйка, необходимо сохранить в естественном состоянии.

Картина почвенного покрова не в полной мере, но отражает всю его пестроту и контрастность. Об этом свидетельствуют результаты почвенной съемки в очень крупном (1:100) масштабе «вложенного ключа». Здесь в условиях выраженного холмисто-моренного рельефа с колебанием относительных высот до 7 м удалось проследить закономерности формирования и распространения всего набора эродированных почв, развивающихся на моренных карбонатных суглинках, на уровне элементарных почвенных ареалов. Количество этих ареалов возросло в два раза по сравнению с исследованием того же участка в менее крупном масштабе. При этом сохраняются те же уровни пестроты агрохимических показателей в пределах крайне ограниченного по площади участка (0,5 га). В частности, величина pH колеблется в интервале 4,2–6,5, диапазон запасов гумуса также очень широк и составляет в метровой толще от 6,5 до 90,4 т/га. Естественно, что это обуславливает значительную пестроту урожаев сельскохозяйственных культур, в большей степени связанную с эрозионными процессами.

Границы рабочих участков в условиях холмистых агроландшафтов Браславского района устанавливались по дорогам, естественным рубежам – большим котловинам, ложбинам, в отдельных случаях, при больших различиях типов (видов) земель – по их очертаниям. Для данных агроландшафтов характерен очень широкий диапазон размеров рабочих участков – от единиц гектаров до сотни и более. Большие размеры рабочих участков в холмистых агроландшафтах

чаще всего обусловлены присутствием среди них участков озерно-ледниковых низин, сложенных ленточными глинами, или водно-ледниковых низин, в строении которых преобладают, естественно, пески.

Однако большие размеры рабочих участков, а по сути – полей севооборота, нередко связаны с мелкими формами моренного рельефа, создающими в данном масштабе исследований иллюзию отсутствия пестроты рельефа и почвенного покрова, что было выявлено при детальных почвенных исследованиях на территории СПК «АгроСервис–Слободка».

Таким образом, достаточно расчлененный холмисто-моренный рельеф, значительный перепад высот, преобладание склоновых площадей разных форм, экспозиций и крутизны, ярко и сильно выраженная неоднородность почвенно-го покрова, характерные для Белорусского Поозерья, исключают возможность одинакового подхода к хозяйственному использованию земель не только в различных частях районов и микрорайонов, но и в пределах типов и даже видов земель, определяя целесообразность и необходимость внедрения ландшафтно-адаптивных систем земледелия [5].

ВЫВОДЫ

1. Территориальная организация агроландшафтов является мероприятием долговременного характера воздействия, в задачу которого входит в первую очередь оптимальное пространственное размещение сельскохозяйственных земель. Одним из главных элементов ее реализации является формирование отдельно обрабатываемых рабочих участков, относительно однородных по основным природно-технологическим показателям.

2. Существующая методическая основа создания рабочих участков достаточно громоздка, включает ряд неравноценных критериев, в ней не получили количественное обозначение наиболее агропроизводственно значимые признаки и свойства почв – их генетическая принадлежность и гранулометрический состав. В практике землеустройства территорий районов, сельхозпредприятий, мелиоративных объектов она не имеет должного применения и развития.

3. Тип земель – это современный формат агропроизводственной и агроэкологической интерпретации почвенного покрова. Типы земель дают обобщенное, синтезированное и в то же время объективное представление о характере и особенностях почвенного покрова, позволяющее в доступной и обозримой форме стать основой формирования рабочих участков. Их количество колеблется в сравнительно узком диапазоне (например, на изучаемых объектах 5–8), в то время как определяемые ими размеры рабочих участков варьирует в очень широких интервалах, отражая в первую очередь разный уровень неоднородности почвенного покрова.

4. Типизация земель предполагает выделение территорий (типов и видов земель), относительно единых по природно-технологическим условиям сельскохозяйственного производства и соизмеримых с единицами хозяйственного пользования. Они представляют возможность учесть и дифференцировать почвенно-геоморфологические условия и приоритетные свойства земель, связывая их с элементарными структурами природных ландшафтов, инженерной

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

инфраструктурой территории, а также специфические агроэкологические ограничения землепользования. Применение данного методического подхода при обосновании форм, размеров, состава, структуры и оптимального использования рабочих участков может стать ключевым направлением территориальной организации адаптивно-ландшафтных систем земледелия, максимально учитывающих локальные и региональные природные условия, определяющим конкретный выбор хозяйственного использования каждого рабочего участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по экологическому совершенствованию территориальной организации агроландшафтов в условиях трансформации земельного фонда Беларуси / А.С. Помелов [и др.]. – Минск, 2001. – 31 с.
2. Фридланд, В.М. Об агропроизводственных группировках почв и их роли в улучшении использования земельных ресурсов // Учет и агропроизводственные группировки земельных ресурсов СССР. – М.:Наука, 1977. – С. 14–30.
3. Методические указания по дифференцированному использованию и охране агроландшафтов Полесья с органогенными почвами / А.С. Мееровский [и др.]. – Минск: БГУ, 2008. – 72 с.
4. Проектирование противоэрозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации / под ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 52 с.
5. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологии: метод. Руководство / под ред. В.И. Кирюшина, Л.И. Иванова. – М., 2005. – С. 170–216.

LAND TYPES AS A NECESSARY ELEMENT OF SUBSTANTIATION AND IMPLEMENTATION OF TERRITORIAL ORGANIZATION OF AGROLANDSCAPES OF BELARUS

A.F. Chernysh, Yu.P. Kachkov, S.S. Bachila

Summary

The article deals with the questions of validation and creation of separately processed working areas of the agricultural landscapes. The existing methodological basis of the ecological and agricultural technological criteria of dispensing of the working areas is analyzed. An alternative system of the typization of lands, with isolation of the land types with relatively uniform natural and technological conditions for agricultural production, which commensurate with the units of the agricultural usage as a basis for creation of the working areas.

Поступила 15.05.14

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕГРОТОРФОЗЕМОВ И АГРОДЕРНОВЫХ ОСТАТОЧНО-ОГЛЕЕННЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Г.С. Цытрон, В.А. Калюк, С.В. Шульгина

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Практика ведения крупномасштабного почвенного картографирования показывает, что дегроторфоземы (дегроторфяные почвы), образовавшиеся в результате сработки органогенного слоя осушенных торфяных почв при их длительном интенсивном использовании в сельскохозяйственном производстве в качестве пахотных земель и особенно под зерно-пропашными севооборотами, имеют морфологическое строение профиля аналогичное агродерновым остаточно-оглеенным почвам (осушенным дерновым заболоченным). То есть при полевой диагностике этих почв возникает ряд трудностей для их правильной типовой идентификации.

Именно этой проблеме – диагностическим особенностям полевого определения дегроторфоземов и агродерновых остаточно-оглеенных почв посвящен материал данной публикации.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дегроторфоземы торфяно-минеральные с содержанием органического вещества в агроторфяно-минеральном горизонте более 20% в полевых условиях достаточно легко идентифицируются по морфологически выраженному остаточному содержанию торфа в верхнем типодиагностическом горизонте [1, 2], поэтому объектом исследований явились дегроторфоземы минеральные остаточно-торфяные, минеральные постторфяные и агродерновые остаточно-оглеенные почвы Беларуси, первые из которых подстилаются рыхлыми супесями или песками, а другие сформировались на рыхлосупесчаных или песчаных почвообразующих породах.

Согласно результатам крупномасштабного почвенного картографирования сельскохозяйственных земель, дегроторфоземы в их составе занимают 2,5% (в составе пахотных земель – 1,4%), а агродерновые остаточно-оглеенные почвы – 10,2% и 5,4% соответственно [3].

Основные массивы исследуемых почв сконцентрированы на сельскохозяйственных землях Брестской, Гомельской и трех районов (Любанского, Солигорского, Стародорожского) Минской областей, где основными почвообразующими породами являются рыхлые супеси и пески. В 14 районах Брестской области на их долю приходится более 50% площади сельскохозяйственных земель, а в 7 районах эта доля превышает 70%. В Гомельской области во всех районах, за исключением Кормянского, более 50% почв сельскохозяйственных земель

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

имеют рыхлосупесчаный или песчаный гранулометрический состав, а в Мозырском районе почвы легкого гранулометрического состава составляют более 90% (91,9%).

На территории сельскохозяйственных земель этих административных единиц сконцентрированы и основные массивы дегроторфоземов.

Основным методом исследования явился сравнительно-профильно-морфологический. Всего исследовано 77 разрезов (29 разрезов дегроторфоземов и 48 – агродерновых остаточно-оглеенных почв). Номенклатура почв дана согласно новой классификации почв Беларуси [4] и действующего номенклатурного списка [5]. Индексировка горизонтов выполнена по новой классификации почв Беларуси [4] и методическим указаниям «Полевое исследование и картографирование почв БССР» [6]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Разрезы, характеризующие исследуемые почвы, заложены в СПК «Плешицы» Пинского района Брестской области (4С–08), СПК «Новополесский» Солигорского района Минской области (2П–08, 3П–08) и СПК им. Дзержинского Речицкого района Гомельской области (2–10).

Разрез 4С–08 характеризует агродерновую остаточно-глеевую почву, а разрез 2–10 – агродерновую остаточно-глееватую. Обе почвы сформировались на древнеаллювиальных песчаных отложениях и имеют связнопесчаный гранулометрический состав. Разрезы 2П–08 и 3П–08 характеризуют дегроторфоземы остаточно-оглеенные: 2П–08 – минеральный остаточно-торфяный, а 3П–08 – минеральный постторфяный.

Морфологическое строение почв представлено описанием их разрезов (фото 1–4).

Как показывает описание разрезов, все почвы имеют практически одинаковое морфологическое строение профиля: агрогумусовый (пахотный) горизонт в разрезах 2–10 и 4С–08 и тофяно-минеральный в разрезах 2П–08 и 3П–08 залегают непосредственно на остаточно-оглеенных горизонтах, которые постепенно переходят в оглеенную почвообразующую (разрез 2–10) и подстилающую (разрезы 2П–08 и 3П–08) породу или глеевый горизонт (разрез 4С–08). Отсутствие классического глеевого горизонта в трех разрезах обусловлено глубиной закладки дренажа.

Однако морфологические признаки типодиагностического поверхностного горизонта у агродерновых остаточно-оглеенных почв и дегроторфоземов различаются существенно.

Цвет генетических горизонтов почвы является наиболее доступным морфологическим их признаком. Он редко существует в почвах в чистом виде, а встречается в виде переходных или смешанных цветов, что отражает соответствующие соотношения красящих компонентов в составе почвенной массы. В исследуемых почвах цвет поверхностных горизонтов в основном определяется содержанием органического вещества и кремнезема, последнего из которых в почвах связнопесчаного гранулометрического состава практически всегда больше 90% [7, 8]. Цвет агрогумусовых горизонтов, определенный визуально, темно-серый в разрезе 2–10 и интенсивно темно-серый в разрезе 4С–08. Цвет

торфяно-минеральных горизонтов темно-серый в разрезе 2П–08 и светло-серый в разрезе 3П–08. То есть при визуальном определении цвета наблюдается их совпадение. Однако определение цвета по шкале Манселла (Международная шкала почвенной окраски) показывает, что используя один и тот же лист (2,5У) для определения цвета поверхностных почвенных горизонтов во всех разрезах, кроме 2П–08, интенсивность цвета в аргогумусовых горизонтах агродерновых почв значительно выше, чем у дегроторфоземов минеральных постторфяных, а цвет торфяно-минерального горизонта разреза 2П–08 и вовсе определяется по другому листу. Этот вывод подтверждается и спектрофотометрически: среднестатистический показатель спектрального коэффициента отражения (КО) в торфяно-минеральных горизонтах дегроторфоземов минеральных постторфяных составляет ($\frac{24,58 \pm 1,59}{18}$) против ($\frac{19,23 \pm 0,95}{11}$) в аргогумусовых

горизонтах агродерновых остаточно-оглеенных почв. В дегроторфоземах минеральных остаточно-торфяных и у дерновых остаточно-оглеенных почв этот показатель практически совпадает: ($\frac{9,17 \pm 0,92}{48}$) против ($\frac{19,23 \pm 0,95}{11}$) [9]. То

есть цвет верхних горизонтов исследуемых почв не может являться отличительной особенностью их полевой морфологической диагностики.

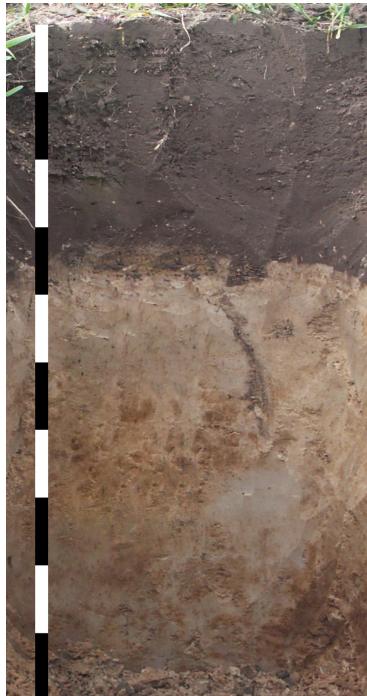
Агроторфяно-минеральные горизонты дегроторфоземов представляют собой механическую смесь песка и органического вещества, которые легко отделяются друг от друга, то есть характеризуются сыпучестью, а в аргогумусовых горизонтах органическое вещество представляет собой рыхлую или слабоуплотненную однородную массу, хорошо мажущую руку, распадающуюся на отдельные структурные агрегаты.

Структура морфологически четко выражена в аргогумусовых горизонтах агродерновых остаточно-оглеенных почв (мелкокомковатая достаточно прочная в разрезе 2–10 и зернисто-комковатая в разрезе 4С–08) и отсутствует (бесструктурное состояние) в дегроторфоземах.

Характер перехода верхних типодиагностических горизонтов в нижележащие остаточно-оглеенные горизонты в исследуемых почвах также практически одинаков: в агроторфяно-минеральных горизонтах резкий или ясный, в аргогумусовых – обычно резкий. Однако форма границ перехода разная: в первом случае – неровной линией, во втором – практически ровной линией, иногда волнистой, когда отношение амплитуды колебания линии к ее длине не превышает 0,5.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Разрез 2–10 заложен 20.04.2010 г. на пахотных землях СПК им. Дзержинского Речицкого района Гомельской области ($52^{\circ}13'47,6''$ с. ш., $30^{\circ}16'09''$ в. д., $h=125,6$ м)



- пахотный горизонт темно-серого цвета (по шкале Манселла 2,5Y 3/2), окраска однородная, сырой, слегка уплотненный, мелкокомковатой достаточно прочной структуры, пронизан корнями растений, переход в нижележащий горизонт заметный, почти ровный, древнеаллювиальный песок связный;
- гумусовый горизонт интенсивно темно-серого цвета (2,5Y 3/1) со стальным оттенком, сырой, уплотненный, мелкокомковатой достаточно прочной структуры, переход резкий, древнеаллювиальный песок связный;
- иллювиальный горизонт сизоватобурого цвета (2,5Y 6/2), с черными потеками органического вещества, влажный, рыхлый, бесструктурный, переход постепенный, древнеаллювиальный песок рыхлый;
- почвообразующая порода светло-желтого цвета (2,5Y 6/3) с сизоватым оттенком, влажная, рыхлая, бесструктурная, древнеаллювиальный песок рыхлый

Фото 1

Почва: агродерновая заболачиваемая остаточно-глееватая типичная, развивающаяся на древнеаллювиальных мощных песках, сменяемых с гл. 0,33 м рыхлыми песками, связнопесчаная (дерново-глееватая песчаная, развивающаяся на древнеаллювиальных мощных связных песках, сменяемых с гл. 0,33 м рыхлыми песками) (*Hypoendogleyic Umbrisols (Drainic, Anthric)*)

Разрез 4С–08 заложен 9.04.2008 г. на пахотных землях СПК «Плещицы» Пинского района Брестской области ($52^{\circ}03'69''$ с. ш., $27^{\circ}51'53''$ в. д., $h=138$ м)



P (Ap)
0–26

– пахотный горизонт интенсивно темно-серого цвета (по шкале Манселла 2,5Y 2,5/1), окраска неоднородная, в нижней части светлые пятна припаек нижележащего горизонта, сырой, слегка уплотненный, зернистокомковатой структуры, переход в нижележащий горизонт резкий, почти ровной линией, древнеаллювиальный песок связанный;

BGR (B_{1g})
26–50

– иллювиальный горизонт буровато-желтого цвета (2,5Y 6/4), со множеством черных потоков органического вещества и отдельными ржаво-окристальными пятнами, влажный, слегка уплотненный, бесструктурный, переход заметный, древнеаллювиальный песок рыхлый;

G
50–90

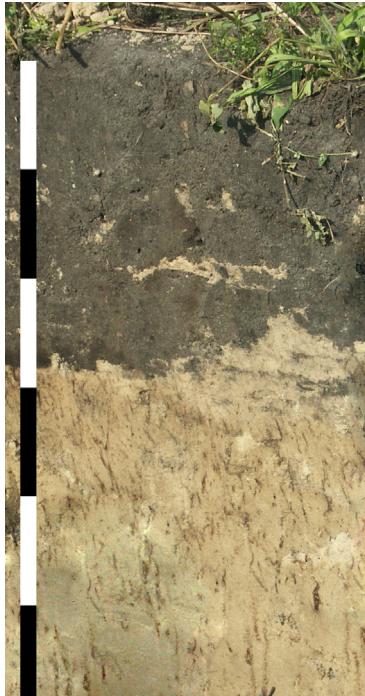
– глеевый горизонт сизого цвета (7/10 BG2) с отдельными ржаво-окристальными пятнами и потеками органического вещества по ходам землероев, мокрый, рыхлый, бесструктурный, песок рыхлый

Фото 2

Почва: агродерновая остаточно-глеевая типичная, развивающаяся на древнеаллювиальных связанных песках, сменяемых с гл. 0,26 м рыхлыми песками, связнопесчаная (дерново-глеевая песчаная, развивающаяся на древнеаллювиальных связанных песках, сменяемых с гл. 0,26 м рыхлыми песками) (*Orthoendogleyic Umbrisols (Drainic, Anthric)*)

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Разрез 2П–08 заложен на пахотных землях СПК «Новополесский» Солигорского района Минской области ($52^{\circ}39'42,0''$ с. ш., $27^{\circ}21'13,6''$ в. д., $h=133,8$ м)



РТС (АРТ₀)
0–26

— остаточно-торфяный горизонт темно-серого цвета (по шкале Манселла 4/10G), в верхней части густо пронизан корнями растений, в нижней части припашки нижележащего горизонта, сухой, рассыпчатый, бесструктурный, переход в нижележащий горизонт резкий, неровный, смесь песка с остатками сильноразложившегося торфа;

ВДох (Вg)
26–50

— иллювиальный остаточно-оглеенный горизонт светло-желтого цвета (2,5Y 7/6) с белесыми пятнами, множеством ржаво-окристых прожилок и черных пятен органического вещества, сырой, бесструктурный, переход постепенный, песок рыхлый;

Дох (Дg)
50–110

— подстилающая остаточно-оглеенная порода буровато-желтого цвета (2,5Y 6/6) с сизоватым оттенком, с отдельными ржаво-окристыми пятнами и потеками органического вещества, сырая, бесструктурная, песок рыхлый

Фото 3

Почва: дегроторфозем остаточно-оглеенный типичный, подстилаемый с гл. 0,26 м песками, минеральный остаточно-торфяный, связнопесчаный (дегроторфянная минеральная остаточно-торфяная темно-серая связнопесчаная, подстилаемая с гл. 0,26 м рыхлыми песками) (нет аналога в WRB)

Разрез ЗП–08 заложен на пахотных землях СПК «Новополесский» Солигорского района Минской области ($52^{\circ}39'42,7''$ с. ш., $27^{\circ}21'11,1''$ в. д., $h=135,9$ м)



- пахотный горизонт (бывший торфяный) светло-серого цвета (по шкале Манселла 2,5Y 5/1), в нижней части примесь песка желтого цвета, в верхней части густо пронизан корнями растений, свежий, рыхлый, рассыпчатый бесструктурный, переход в нижележащий горизонт ясный, неровный, слабогумусированный связный песок;
- РТС (АРТ(т))
0–23
ВДдох (Bg)
23–40
Дох (Дg)
40–100
- иллювиальный остаточно-оглеенный горизонт светло-желтого цвета (2,5Y 7/6) с потеками органического вещества и множеством ржаво-окристих пятен и прожилок, свежий, бесструктурный, переход постепенный, песок рыхлый;
- подстилающая остаточно-оглеенная порода буровато-желтого цвета (2,5Y 6/6) с многочисленными белесыми пятнами, ржаво-окристиими прожилками, сырая, бесструктурная, песок рыхлый

Фото 4

Почва: дегроторфозем остаточно-оглеенный типичный, подстилаемый с гл. 0,23 м песками, постторфяный минеральный, связнопесчаный (дегроторфянная постторфяная минеральная связнопесчаная, сменяемая с гл. 0,23 м рыхлыми песками) (нет аналога в WRB)

ВЫВОДЫ

Основными отличительными особенностями полевой морфологической диагностики агродерновых остаточно-оглеенных почв и дегроторфоземов минеральных остаточно-торфяных и минеральных постторфяных являются: структура и сложение их верхних типодиагностических горизонтов, а также форма перехода их границ в нижележащие горизонты:

– агрогумусовые горизонты агродерновых остаточно-оглеенных почв имеют рыхлое или слабоуплотненное сложение, мелкокомковатую достаточно прочную

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

или зернисто-комковатую структуру, почти ровную форму перехода границ в нижележащий горизонт;

– агроторфяно-минеральные горизонты дегроторфоземов характеризуются сыпучестью, бесструктурностью и неровной формой перехода в остаточно-оглеенный минеральный горизонт.

Именно по этим морфологическим признакам верхних типодиагностических горизонтов исследуемые почвы идентифицируются в полевых условиях при выполнении работ по крупномасштабному почвенному картографированию сельскохозяйственных земель Республики Беларусь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смеян, Н.Н. Методические указания по полевому исследованию и картографированию антропогенно-преобразованных почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цыtron, И.И. Бубен. – Минск, 2001. – 19 с.
2. Цыtron, Г.С. Антропогенно-преобразованные почвы / Г.С. Цыtron. – Минск, 2004. – 124 с.
3. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практик. пособие / под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
4. Смеян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смеян, Г.С. Цыtron; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 220 с.
5. Номенклатурный список почв / Н.И. Смеян [и др.]. – Минск, 2003. – 43 с.
6. Полевое исследование и картографирование почв БССР / под ред. Н.И. Смеяна, Г.А. Ржеутской, Т.Н. Пучкоревой. – Минск, 1990. – 221 с.
7. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т.Н. Кулаковской, П.П. Рогового, Н.И. Смеяна. – Минск, Ураджай, 1974. – 328 с.
8. Романова, Т.А. Диагностика почв Беларуси и их классификация в системе ФАО – WRB / Т.А. Романова. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2004. – 428 с.
9. К вопросу о диагностике дегроторфоземов остаточно-оглеенных / Г.С. Цыtron [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – № 6(79). – 2011. – С. 33–36.

DIAGNOSTIC FEATURES OF DRAINED PEAT HUMAN-TRANSFORMED SOILS AND AGROSODDY REDUCED-GLEIED SOILS OF BELARUS

G.S. Tsytron, V.A. Kalyuk, S.V. Shul'gina

Summary

In the article was shown diagnostic features of field identification of agrosoddy reduced-gleied (drainic soddy boggy) soils and drained peat human-transformed (degrapeat) soils, which are similar on morphology.

Поступила 12.05.14

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА АГРОФИЗИЧЕСКИХ,
МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА, ОТРАЖАЮЩИХ СТЕПЕНЬ
УСТОЙЧИВОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ
НА ЛЕССОВИДНЫХ И МОРЕННЫХ СУГЛИНКАХ
К ЭРОЗИОННОЙ ДЕГРАДАЦИИ**

А.Ф. Черныш, В.Т. Сергеенко, В.Б. Цырибко

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Внесение в почву минеральных и органических удобрений, внедрение новых сортов сельскохозяйственных культур, применение интенсивных технологий их возделывания значительно повысили урожайность зерновых и пропашных культур. Однако эти мероприятия не решили проблему повышения плодородия почв. Многочисленные литературные данные и практика землепользования свидетельствуют о том, что урожай во многом лимитируется физическими свойствами почв. Особенно это касается почв, подверженных эрозионным процессам, где создаются неблагоприятные условия для произрастания растений, которые выражаются в повышении плотности, ухудшении пористости аэрации, формировании недостатка или избытка влаги. Исследованиями установлено, что с одного гектара водосборной площади пахотных земель ежегодно с поверхностным стоком смыывается 150–180 кг гумусовых веществ, теряется до 10 кг азота, 4–5 кг фосфора и калия, 5–6 кг кальция и магния [1]. Потери почвенного мелкозема, гумуса, элементов питания приводят к ухудшению агрохимических, биологических и агрофизических свойств эродированных почв и снижают производительную способность.

Основной физической характеристикой, которая сильно влияет на поглощение влаги, развитие корневой системы растений, газообмен, интенсивность биологических процессов, перенос тепла по почвенному профилю является плотность почв. С плотностью тесно связаны и другие агрофизические характеристики почв. Целесообразность изучения агрофизических свойств почв в современных условиях возросла с необходимостью получения высоких и устойчивых урожаев, расширенного воспроизводства почвенного плодородия, защиты почв от эрозии, разработки более совершенных приемов обработки почв.

Получение объективных данных, отражающих степень устойчивости почв к эрозионной деградации с целью планирования возможной интенсивности их сельскохозяйственного использования, представляется важной задачей.

Сравнительная оценка дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, помимо агрофизических свойств, проводилась

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

по микроморфологическим признакам и минералогическому составу почвенного поглощающего комплекса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований явились дерново-подзолистые суглинистые почвы, развивающиеся на лессовидных и моренных почвообразующихся породах, подверженные различной степени эрозионной деградации и представляющие собой единые в геоморфологическом отношении почвенно-эрзационные катены. На водораздельной равнине расположена неэродированная почва, в верхней части склона – слабо- и среднеэродированная, в средней части – сильно- и очень сильноэродированная.

Закладка почвенных разрезов и отбор образцов проводились на двух опытных стационарах «Межаны» в Браславском районе и «Стоковые площадки» в Минском районе, а также в процессе проведения маршрутных исследований в Лепельском, Толочинском районах Витебской области и в Держинском, Логойском районах Минской области.

Определение аналитических показателей исследуемых почв, позволяющих оценить их устойчивость к эрозионной деградации, проводилось общепринятыми методами:

1. гранулометрический состав – по Н.А. Качинскому;
2. агрегатный и структурно-агрегатный составы почвенной структуры – по методу Н.И. Савинова;
3. плотность почвы – методом «режущих колец»;
4. общая пористость – расчетным методом по формуле:

$$v = \frac{d - P}{d} \times 100 \text{ (% от объема почвы)},$$

где v – пористость, P – плотность, d – плотность твердой фазы;

5. плотность твердой фазы – пикнометрическим методом;

6. степень насыщенности почвы водой (CHB) – по формуле:

$$CHB = w / v,$$

где w – влажность, %; v – пористость;

7. полная влагоемкость (водовместимость) почвы (ПВ) – по формуле:

$$PV = v / P;$$

8. максимальная гигроскопическая влажность – по методу А.В. Николаева;
9. коэффициент гранулометрического состава – по отношению содержания песка к сумме песка и глины;
10. коэффициент водоустойчивости – по формуле:

Количество агрегатов > 0,25 мм при мокром просеивании
Количество агрегатов > 0,25 мм при сухом просеивании;

11. коэффициент дисперсности (Кд) – по отношению содержание фракции меньше 0,001 мм при микроагрегатом анализе к содержанию фракции меньше 0,001 мм при определении гранулометрического состава;

12. коэффициент структурности (Кстр.) – как процентное отношение содержания фракции меньше 0,001 мм к фракции больше 0,001 мм;

13. показатель противоэррозионной стойкости (ППС) – ППС = Кстр. / Кд;

14. минералогический состав почвенно-поглощающего комплекса – рентген-дифрактометрически.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из особенностей дерново-подзолистых эродированных почв, развивающихся на разных почвообразующих породах, является дифференциация профиля как по распределению илистых частиц, так и полуторных оксидов. В конечном итоге это оказывает влияние на физические, водные, физико-химические и другие свойства почв. Подзолистый горизонт наблюдается только в неэродированных почвах. По мере увеличения степени эродированности почв гумусовый горизонт уменьшается либо полностью исчезает. В процессе вспашки пахотный слой формируется за счет иллювиальных горизонтов, почвообразующей и даже подстилающей породы. В этом случае свойства пахотных горизонтов эродированных почв наследуются от нижележащих горизонтов.

Сравнительная оценка агрофизических свойств исследуемых почв представлена плотностью, общей пористостью, пористостью аэрации, максимальной гигроскопичностью, полевой влагоемкостью, коэффициентами граносостава и структурности, показателем противоэррозионной стойкости (табл. 1).

Таблица 1
Агрофизические свойства пахотного слоя дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках (среднее по 6 разрезам)

Показатель	Степень эродированности				
	нет	слабая	средняя	сильная	очень сильная
на лессовидных суглинках					
Плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	1,15	1,30	1,35	1,48	1,59
Общая пористость, %	54,9	49	47,6	43	39,5
Пористость аэрации, %	34,0	30,5	28,5	25,8	20,7
Максимальная гигроскопичность, %	2,69	2,38	2,45	3,60	2,94

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Окончание табл. 1

Показатель	Степень эродированности				
	нет	слабая	средняя	сильная	очень сильная
Полная влагоемкость, %	47,7	37,1	35,2	29	24,8
Степень насыщенности водой, %	32,9	28,5	29,6	26,9	29,8
Коэффициент грансостава	0,25	0,38	0,30	0,21	0,17
Коэффициент водоустойчивости	1,5	1,8	2,0	3,5	3,6
Коэффициент структурности	9,3	8,9	13,4	21,8	21,9
Коэффициент дисперсности	10,5	11,0	14,7	10,2	8,8
Показатель противоэроздионной устойчивости	0,8	0,8	0,9	2,1	2,4
на моренных суглинках					
Плотность, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	1,37	1,38	1,53	1,57	1,57
Общая пористость, %	47,9	48,1	42,6	41,8	39,5
Пористость аэрации, %	35,1	36,0	23,6	24,8	24,8
Максимальная гигроскопичность, %	2,50	2,53	2,93	3,29	4,47
Полная влагоемкость, %	34,9	34,8	27,8	26,6	26,7
Степень насыщенности водой, %	19,4	18,0	29,1	25,8	25,9
Коэффициент грансостава	2,15	2,03	1,66	1,26	1,25
Коэффициент водоустойчивости	3,4	3,3	3,2	3,9	3,8
Коэффициент структурности	8,5	13,9	15,4	27,0	26,8
Коэффициент дисперсности	13,2	9,3	10,4	9,9	8,6
Показатель противоэроздионной устойчивости	0,6	1,4	1,5	2,7	3,1

Наиболее важный показатель агрофизических свойств почв – плотность.

Плотность оказывает непосредственное влияние на фильтрационные свойства почв, их плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур. Каждая почва имеет только ей присущую плотность, объективно отражающую сложение в период достижения равновесного состояния [3]. Именно равновесную плотность дерново-подзолистых эродированных почв определяли авторы в период

уборки сельскохозяйственных культур, когда исключается влияние на нее обработки.

Приведенные в таблице 1 данные свидетельствуют, что плотность почв и зависящие от нее другие агрофизические свойства обусловлены генезисом почвообразующих пород и степенью проявления эрозионных процессов.

Выполненные исследования в лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии, а также литературные данные подтверждают, что на всех разновидностях почв существует тесная связь между их плотностью и урожаем сельскохозяйственных культур. Результаты исследований, полученные на опытных стационарах лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии, свидетельствуют, что для пропашных культур, возделываемых на суглинистых почвах, оптимальная плотность составляет 1,0–1,2 г/см³, а для зерновых – 1,1–1,3 г/см³.

При сравнении фракций гранулометрического состава дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, следует отметить их значительные различия. Так почвы, развивающиеся на лессовидных суглинках, содержат в пахотном горизонте 12–19% фракций крупного, среднего и мелкого песка. В то же время содержание крупной пыли, которая легко вымывается из почвы, составляет 56–67%. Тем самым подтверждается вывод о том, что дерново-подзолистые почвы на лессовидных суглинках более предрасположены к водно-эрэзионным процессам.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на лессовидных суглинках, характеризуются низким значением К гранулометрического состава и с увеличением степени эродированности наблюдается уменьшение величины этого коэффициента. При этом наиболее низкие его значения характерны для сильно- и очень сильноэродированных почв.

Почвы на моренных суглинках содержат 2–3% крупнозема, суммарное содержание фракций крупного, среднего и мелкого песка достигает 55–60%. Фракции мелкого песка составляют 38–42% и крупной пыли – 17–21%. Это соотношение фракций создает благоприятные условия для поглощения осадков. Почвы, сформированные на моренных суглинках, имеют более высокие значения коэффициента гранулометрического состава – от 2,15 до 1,26. Наблюдается уменьшение этого коэффициента с увеличением степени эродированности.

При оценке противоэрэзионной устойчивости почв по данным гранулометрического состава следует отметить, что значения рассчитанного коэффициента выше для почв, развивающихся на моренных суглинках, чем для дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках, что подтверждает их меньшую податливость к эрозии.

Показателем, характеризующим противоэрэзионную устойчивость, является также содержание полуторных оксидов железа и алюминия, чем больше их содержание в почвах, тем они менее водопроницаемы и больше подвержены эрозии. Для лессовидных суглинков суммарное содержание оксидов алюминия и железа в 1,2–1,3 раза выше, чем для моренных суглинков [4].

Таким образом, состояние агрофизических свойств исследуемых почв во многом определяет их устойчивость к эрозионным процессам. Наиболее важным

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

из этих свойств является плотность, которая обуславливает влагоемкость, водо-проницаемость, структурность и другие характеристики почв.

Микроморфологические исследования предусматривают определение количественных характеристик микростроения почв, отражающих размеры пор, агрегатов, минеральных зерен и др. Именно эти показатели могут в значительной степени отражать фильтрационные свойства почв и, следовательно, устойчивость их к водно-эррозионным процессам. Микроморфологическое строение, наблюдаемое при разном увеличении в тонких шлифах под микроскопом, в значительной степени повторяет картину их макростроения. Вместе с тем при выполнении микроморфологических исследований вскрываются и некоторые специфические особенности почвы, невидимые невооруженным глазом. Еще в 1970 г. W.L. Kubiena отмечал, что почвы с разным генезисом имеют свое собственное микростроение [5].

Проведенные микроморфологические исследования на примере 2 типичных почвенных разрезов дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, позволили установить различия в упаковке дисперсного материала в каркасе основы исследуемых почв. Установлено, что расположение зерен в каркасе почв, развивающихся на лессовидных суглинках, имеет кубическую упаковку, при такой упаковке зерна каркаса располагаются послойно, а при попадании влаги между слоями они легко отделяются друг от друга. Одновременно, как показали микроморфологические исследования, происходит закупорка пор плазмой (глинистой массой). В результате вертикальное проникновение воды (фильтрация) затруднено. Немаловажную роль играет хорошая окатанность крупных зерен, что способствует их легкому отрыву от основной массы. Покрытые плазмой крупные зерна при соприкосновении с водой набухают и выносятся с поверхностью или внутрипочвенным стоком. Проведенные исследования также показали, что почвы, сформированные на моренных суглинках, имеют расположение зерен в каркасе основы – гексагональную упаковку. При такой упаковке микрочастицы прочно удерживаются в общей массе при соприкосновении с водой. Вода проникает вертикально в почву по ходам отмерших корней растений, трещинам, пустотам. Неокатанность крупных зерен каркаса прочно удерживает их в общей массе.

Таким образом, на основании микроморфологических исследований подтверждается вывод о том, что почвы, сформированные на моренных почвообразующих породах, характеризуются большей устойчивостью к водно-эррозионным процессам.

Минералогический состав почвенно-поглощающего комплекса дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, определялся рентген-дифрактометрическим методом с использованием ориентированных препаратов, исключающих сегрегацию илистых частиц [6]. Целесообразность таких исследований обусловлена тем, что глинистые минералы почвенного поглощающего комплекса непосредственно влияют на физико-химические свойства почв, являются основным закрепителем гумусовых веществ. Гумусовые вещества и глинистые минералы формируют органо-минеральные соединения и тем самым создают водопрочные структуры. [7].

Минералогический состав почвенного поглощающего комплекса пахотного слоя дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и

моренных суглинках, разной степени эродированности представлен глинистыми минералами: гидрослюдой, вермикулитом, каолинитом и почвенным хлоритом. Качественный минералогический состав исследуемых почв одинаков, но различается по количественному содержанию компонентов (табл. 2).

Таблица 2
Минералогический состав почвенно-поглощающего комплекса пахотного слоя дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках

Степень эродированности	Содержание глинистых минералов, %				Отношение каолинита к хлориту	Отношение вермикулита к гидрослюде
	гидрослюда	вермикулит	каолинит	почвенный хлорит		
на лессовидных суглинках						
Неэродированная	43	37	17	3	5,6	0,8
Слабоэродированная	58	23	14	5	2,8	0,3
Среднеэродированная	67	19	10	4	2,5	0,2
Сильноэродированная	67	18	10	5	2,0	0,2
Очень сильноэродированная	68	17	10	5	2,0	0,2
на моренных суглинках						
Неэродированная	55	24	16	5	3,2	0,4
Слабоэродированная	76	12	9	3	3,0	0,1
Среднеэродированная	78	11	8	3	2,6	0,1
Сильноэродированная	81	10	6	3	2,0	0,1
Очень сильноэродированная	82	9	6	3	2,0	0,1

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, преобладающим компонентом является гидрослюда и наибольшее ее количество содержится в сильно- и очень сильноэродированных почвах. Содержание в почвах гидрослюды оказывает существенное влияние на их водно-физические свойства. Поглотительная способность почв, фильтрация воды через почву, содержание связной воды определяются количеством гидрослюд и степенью их дисперсности. Гидрослюды относятся к минералам с нерасширяющейся решеткой и отличаются низкой набухаемостью [8]. Вермикулита содержится значительно меньше гидрослюд, заряд элементарной ячейки меньше, чем у гидрослюд, но для него характерна

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

высокая удельная поверхность и набухаемость, а это значит, что этот минерал препятствует водопроницаемости. Приведенные данные свидетельствуют, что вермикулита содержится значительно больше в почвах, развивающихся на лессовидных суглинках. Каолинит встречается в небольших количествах. Он не набухает вследствие прочных водородных связей между пакетами. Удельная поверхность его невелика и находится в пределах 5–20 м²/г. Емкость катионного обмена не превышает 10 мг экв./100 г. Почва, содержащая каолинит, обладает благоприятными физическими свойствами – хорошей водопрочностью и небольшой липкостью. Почвенный хлорит как новообразованный минерал практически не набухает и имеет небольшую емкость катионного обмена. Отношение вермикулитового компонента к гидрослюдистому в величинах коэффициента «лабилизации» отражает процесс прогрессивной трансформации гидрослюд от очень сильноэродированных почв к неэродированным. Величина отношения каолинита почвенно-поглащающего комплекса к почвенному хлориту также является диагностиическим параметром в оценке степени эродированности дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках. Ранее установлены пределы этих соотношений: для неэродированных почв он выше 3,2; слабоэродированных – 2,7–3,1; среднеэродированных – 2,1–2,6; сильно- и очень сильноэродированных – 2,0 и меньше.

Таким образом, данные о минералогическом составе почв позволяют объективно судить об их устойчивости к эрозионным процессам.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на лессовидных и моренных суглинках, значительно различаются агрофизическими свойствами, при этом наиболее рельефно различие просматривается на почвах, подверженных разной степени эрозии.

Установлено, что микроморфологические особенности и минералогический состав почв, развивающихся на лессовидных и моренных суглинках, могут быть объективными критериями при определении их устойчивости к водно-эрэзионным процессам. Сравнительный анализ этих почвенных характеристик убедительно показывает, что почвы на лессовидных породах менее устойчивы к эрозионной деградации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование противоэрэзионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтах зонах Беларуси: реком. / под общ. ред. А.Ф. Черныша. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2005. – 52 с.
2. Ревут, И.Б. Физика почв / И.Б. Ревут. – Л.: Колос. 1964. – 319 с.
3. Дубовик, А.Э. Противоэрэзионная устойчивость дерново-подзолистых почв Беларуси на различных почвообразующих породах и приемы ее регулирования: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.03 / А.Э. Дубовик. – Минск, 2006. – 145 с.

4. Лисица, В.Д. Микроморфологические особенности дерново-подзолистых почв, развивающихся на моренных и лессовидных суглинках северной части Белоруссии / В.Д. Лисица, В.С. Болдышев // Почвоведение и агрохимия. – 1973. – № 10. – С. 15–24.
5. Kubiena, W.L. Micromorphological features of soil geography / W.L. Kubiena. – Univ. Press, New Brunswick, New Jersey, 1970.
6. Сергеенко, В.Т. Минералогический количественный состав и свойства илистой части основных типов почв Белоруссии: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.03 / В.Т. Сергеенко. – Минск, 1984. – 19 с.
7. Хан, Д.В. Процессы взаимодействия гумусовых веществ с минеральной частью почвы и значение их в формировании почвенной структуры: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Д.В. Хан. – Минск, 1963. – 40 с.
8. Горбунов, Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения / Н.И. Горбунов. – М.: АН СССР, 1963. – 302 с.

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF AGROPHYSICAL,
MICROMORPHOLOGICAL PROPERTIES AND MINERALOGICAL
STRUCTURE, REFLECTING THE DEGREE OF RESISTANCE
TO EROSION DEGRADATION OF SOD-PODZOLIC SOILS
ON LOESSLIKE AND MORAINE LOAMS**

A.F. Chernysh, V.T. Sergeenko, V.B. Tsyrubko

Summary

The dependence of resistance to erosion degradation of sod-podzolic soils formed on the loesslike and moraine loams on the structure of their agrophysical, micromorphological properties is analyzed in the paper.

Поступила 15.05.14

УДК 631.4

**БАНК ДАННЫХ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОЧВ БЕЛАРУСИ: СОЗДАНИЕ И СТРУКТУРА**

В.Б. Цырибко, А.М. Устинова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы оценка физического состояния почв приобретает особое значение как в научных исследованиях, так и в практике сельскохозяйственного

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

производства. Именно физические свойства, формируя водно-воздушный, тепловой и питательный режимы почв, становятся лимитирующим фактором роста и развития растений. Комплексная агрофизическая оценка сельскохозяйственных земель необходима для совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

В практике сельского хозяйства часто недооценивают важность физических условий почвы, и плодородие ее связывают главным образом с наличием питательных элементов. Между тем выводы из результатов мониторинга агрохимических свойств почв, исследования аккумуляции и перераспределения питательных элементов в ландшафте, полученные без учета физических и особенно гидрофизических свойств почв, могут быть неверными. Установлено, что нельзя повысить плодородие почвы, не обеспечив растения соответствующим количеством воды, воздуха и тепла.

В связи с усиливающимися процессами деградации физического состояния почв, необходимостью воспроизведения почвенного плодородия и широкого внедрения интенсивных агротехнологий исследования по решению вопроса о регулировании агрофизических свойств почв приобретают все большую актуальность [1].

Физические и водные свойства (плотность, влагоемкость, водопроницаемость, температура, структура) и физические процессы, протекающие в почвах (перенос газов и паров воды, передвижение жидкой влаги под влиянием различных градиентов, адсорбция и десорбция ионов питательных веществ и др.), являются не менее важными факторами почвенного плодородия, чем агрохимические показатели. В современных условиях нельзя достичь максимального и регулируемого урожая, пока остаются нерегулируемыми физические, структурно-агрегатные характеристики, играющие важную роль в плодородии почв и жизни растений.

Необходимо отметить, что исследования агрофизического состояния почвы Беларуси проводились неоднократно, однако в последние 20–25 лет этому вопросу уделялось мало внимания, а процессы физической деградации почвы усиливаются с каждым годом.

Цель данных исследований заключалась в разработке структуры и создании банка данных агрофизических свойств наиболее распространенных в Беларуси почв.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БАНКА ДАННЫХ

Процесс проектирования банка данных информационной системы разбивается на несколько этапов: концептуальный, логический и физический (рис. 1).

Определение требований и анализ данных составляют *концептуальный уровень* проектирования банка данных. Для этого осуществляются следующие мероприятия:

- изучение исходной информации и ее информационной структуры;
- выявление всех данных, которые характеризуются независимыми атрибутами;
- моделирование и интеграция всех требований к базам данных.

По окончании данного этапа получаем концептуальную модель данных, которая является полной совокупностью всех требований к информации, полученной в ходе проведения маршрутных исследований.

Организация данных в банке требует предварительного моделирования, т.е. построения логической модели данных, главное назначение которой – систематизация разнообразной информации и отражение ее свойств по содержанию, структуре, объему, связям, динамике с учетом удовлетворения потребностей пользователей.

Построение логической модели ведется по этапам с постепенным приближением к оптимальному варианту, удобному для большинства пользователей.

На этапе создания логической модели сначала выявляются параметры, которые могут представлять интерес для пользователя.

Принятие решения о том, какая информация должна содержаться в банке данных, связано не только с определением необходимых характеристик, но и с интенсивностью работы с различными видами информации, их динамическими характеристиками, частотой корректировки, степенью взаимосвязи и взаимодействия между ними.

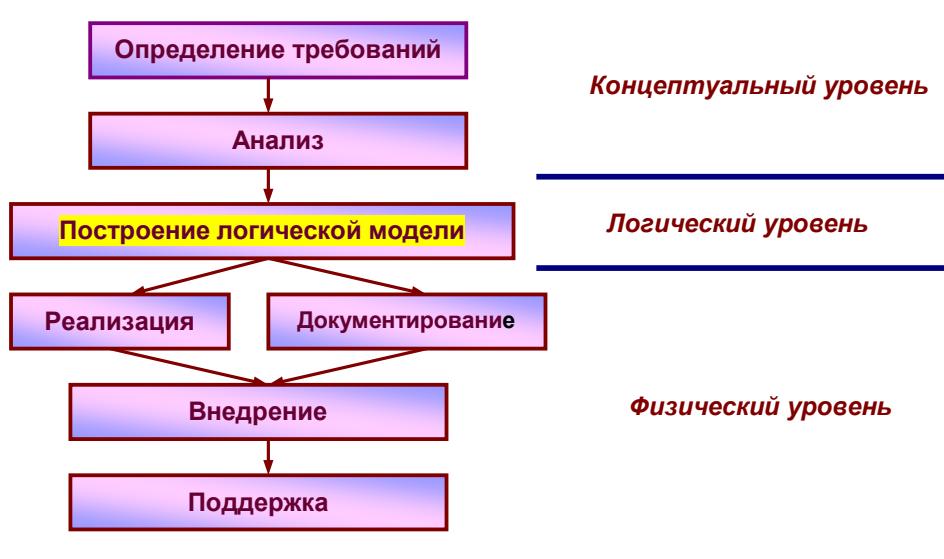


Рис. 1. Схема процесса проектирования банка данных

Моделирование банка данных ведется поэтапно, каждому этапу соответствует свой вариант модели. Необходимость выделения нескольких этапов обуславливается сложностью процесса отображения информации.

После выбора окончательного варианта логической модели определяется вся совокупность показателей, необходимых и достаточных для решения задач, формируются файлы, в которых выделяется ключевое поле (реквизит) для взаимодействия с другими файлами. Далее устанавливается тип данных и разрядность каждого поля, количество записей в файлах и другие характеристики.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

На выходе получаем структуру банка данных и спецификации прикладных программ. На этом этапе часто используют системы управления базами данных СУБД. Наиболее простая и широко распространенная СУБД – это Microsoft Access, он позволяет создавать базы данных и программы для работы с ними.

Реализация, документирование, внедрение и поддержка относятся к физическому уровню. Реализация и документирование – это заполнение полученной структуры данных непосредственно самими данными. Внедрение и поддержка – это определение особенностей хранения данных, методов доступа, обновления информации и т.д.

На этапе внедрения проекта выполняется проверка проектных решений и их доводка, при необходимости совершенствуется технология работы с банком данных, пользователями, осуществляется перераспределение обязанностей, устанавливаются категории и иерархия доступа пользователей к данным [2].

При создании банка данных изучались наработки российских исследователей из ГНУ «Агрофизический институт» Россельхозакадемии по оценке состояния агрофизических свойств почв различной генетической принадлежности, а также совершенствованию нормативной базы по количественным критериям оптимизации и классификации физических параметров почв [1, 3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Структура банка данных наиболее распространенных почв Беларуси

Разрабатываемый лабораторией агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии банк данных обеспечивает выполнение следующих работ: хранение, систематизация и поиск необходимой информации по базовым физическим параметрам почв и их оптимальным параметрам.

В разрабатываемой структуре банка данных отражается следующая информация:

- ✓ генетическая принадлежность почв;
- ✓ литология почвообразующих и подстилающих пород;
- ✓ использование земель на исследуемых почвенных разновидностях;
- ✓ агрэкологическое и мелиоративное состояние;
- ✓ данные агрофизических свойств исследуемых почв и структурно-агрегатного состава.

Территориальный охват исследований по созданию банка данных

В основу оценки современного состояния агрофизических свойств наиболее распространенных почв положено почвенно-экологическое районирование, так как каждый из выделенных почвенно-экологических районов характеризуется определенным набором почв, обусловленным их типовой принадлежностью, гранулометрическим составом и агротехническим состоянием, с наиболее сложной структурой почвенного покрова и агротехнологическим состоянием земель (рис. 2).

В качестве объектов исследований в Поозерье выбраны земли сельскохозяйственных предприятий в Браславско-Ушачско-Городокском, Шарковщинско-Полоцко-Шумилинском и Вилейско-Докшицком почвенно-экологических районах, в которых почвенный покров представлен различными группами почвообразующих пород: моренные, озерно-ледниковые и водно-ледниковые суглинки, супеси.



Рис. 2. Объекты исследований

В центральной почвенно-экологической провинции исследования будут проводятся на почвах, сформированных на лессовидных и лессовых почвообразующих породах Белорусской гряды, а также на приледниковых зан드ровых равнинах.

В Белорусском Полесье (южная почвенно-экологическая провинция) в качестве объектов исследований выбраны осушенные почвы (дерново-подзолистые заболоченные, дерновые заболоченные, торфяно-болотные, антропогенно-преобразованные) Жабинковско-Ивановского, Ивацевичско-Лунинецко-Петриковского, Туровско-Давид-Городокского почвенно-экологических районов.

Методы формирования банка данных агрофизических свойств почв Беларуси

При формировании банка данных использованы методы полевых и лабораторных экспериментов, сравнительно-географический, картографический.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Образцы для установления агрофизического состояния почв отбираются из пахотного горизонта из слоев 0–10 см и 10–20 см, а также из подпахотного горизонта. Влажность почвы определяется весовым методом, плотность – при помощи колец Капецкого (метод «режущих колец»), общая пористость и пористость аэрации – расчетными методами.

Одновременно отбирается монолит для определения структурно-агрегатного состава. Результаты сухого и мокрого просеивания, проводимого по методу Савинова, позволяют определить показатели, характеризующие структуру пахотного горизонта:

- ✓ *водоустойчивость по классификации Н.А. Качинского* (содержание агрегатов более 0,25 мм при мокром просеивании);
- ✓ *коэффициент водоустойчивости (Кву.)*, определяемый по соотношению агрегатов размером более 0,25 мм при мокром и сухом просеивании;
- ✓ *коэффициент структурности (Кстр.)* – отношение содержания агроморфически ценных агрегатов (0,25–10 мм) к сумме агрегатов >10 и <0,25 мм при сухом просеивании;
- ✓ *коэффициент водопрочности (Квпр.)* представляет собой соотношение количества водопрочных агрегатов более 0,5 мм (%) при мокром и сухом просеивании;
 - ✓ содержание водопрочных агрегатов 0,5 мм (%);
 - ✓ средневзвешенный диаметр агрегатов при мокром просеивании;
 - ✓ коэффициент нестабильности (Кнест.), отражающий изменение средневзвешенного диаметра агрегатов при сухом и мокром просеивании почвы [4].

Исходными данными при создании базы данных послужат результаты маршрутных исследований почв, представленные в виде файлов Microsoft Word и Excel. Для создания банка экспериментальных данных использована СУБД Microsoft Access.

В процессе разработки была учтена необходимость анализа данных, который может производиться посредством использования стандартного пакета Microsoft Office и/или стороннего программного обеспечения.

Банк данных агрофизических свойств наиболее распространенных почв Беларуси

Алгоритм поиска агрофизических параметров почвы данного вида земель производится вручную и/или автоматически при помощи программ, осуществляющих алгоритм поиска данных по банку. Для удобства созданы функции ручной навигации и отправки информации в печать.

Кроме данных об агрофизических свойствах почв, база данных содержит сведения о гранулометрическом составе, генезисе, степени увлажнения, характере использования и наличии гидротехнических мелиоративных мероприятий, имеется карта, на которой отмечены места отбора образцов. Также база содержит информацию об оптимальных параметрах физического состояния почв, разработанных сотрудниками лаборатории на основании изучения методик, предложенных исследователями из ГНУ «Агрофизический институт» и Почвенного института им. Докучаева [5, 6].

Титульная страница банка данных агрофизических свойств почв имеет следующий вид (рис. 3).



Рис. 3. Титульный лист банка данных агрофизических свойств почв Беларуси

Для работы с данными предложена специальная форма, с помощью которой можно вводить и выводить информацию в/из банка (рис. 4).

Агрофизические свойства почв	
Тип почв:	Дерново-подзолистая
Степень увлажнения:	глееватая
Генезис почвообразующих пород:	озерно-ледниковые
Гранулометрический состав:	средний суглинок
Характер использования:	
осушенная/неосушенная:	осушенная
Плотность (0-10 см): (г/см ³):	1,24
Плотность (10-20 см): (г/см ³):	1,42
Плотность (30-40 см): (г/см ³):	1,64
Влажность (0-10 см)(%):	21
Влажность (10-20 см) (%):	11,6
Влажность (30-40 см) (%):	9,2
Запасы влаги в слое 50 см (м	88
Общая пористость (%):	48
Пористость аэрации (%):	24
Средневзвешанный диаметр при водном просеивании:	2,02
Водоустойчивость (%):	58,06
Коэффициент водоустойчивости (Кву):	1,65
Коэффициент структурности (Кстр):	2,44
Коэффициент водопрочности (Квпр):	0,56
Коэффициент нестабильности (Кнест):	2,63
Содержание водопрочных агрегатов 0,5 мм (%):	46,82
Координаты/описание места закладки разреза:	д. Буевщина, Шарковщинский район, 200 м от ю-з от машинного двора

Рис. 4. Окно ввода и вывода информации банка данных

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Банк данных уже функционален. В нем содержатся результаты маршрутных исследований, проведенных в Поозерье и Полесье, а также мониторинговых наблюдений. Кроме того, существует возможность для расширения при поступлении новой экспериментальной информации.

ВЫВОДЫ

1. Процесс проектирования банка данных информационной системы предусматривает три этапа: концептуальный, логический и физический, каждый из которых направлен на выполнение конкретных задач.
2. Использование банка данных агрофизических свойств почв позволяет более обоснованно оценить фактическое состояние почвенного покрова конкретной территории, установить отклонения от оптимальных параметров, определить приемы регулирования физических свойств, а также способствует развитию компьютерных информационных систем в аграрной науке и сельском хозяйстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеев, К.Г. Исследование агрофизических свойств пахотных почв северо-запада Российской Федерации: метод. руководство / К.Г. Моисеев. – СПб: АФИ, 2011. – 52 с.
2. Зеленков, Ю.А. Введение в базы данных / Ю.А. Зеленков // <http://alpha.netis.ru/win/db/toc.html>.
3. Комплексная система мониторинга агрофизического состояния почв на основе результатов почвенного картографирования и исследования эмиссии парниковых газов / Е.В. Балашов [и др.] // Агрофизик. – 2013. – № 4. – С. 1–11.
4. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – С. 72–122.
5. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях: метод. рекомендации. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. – 2010. – 176 с.
6. Моисеев, К.Г. К оценке физического состояния дерново-подзолистых почв / К.Г. Моисеев // Агрофизика. – 2011. – № 1. – С. 38–41.

DATA BANK OF AGROPHYSICAL SOIL PROPERTIES OF BELARUS: THE CREATION AND STRUCTURE

V.B. Tsyribko, A.M. Ustinova

Summary

The stages of the design and structure of the created database of agrophysical properties most common soils in Belarus are presented at the article. Genetic affiliation soils, lithology of soil formed and parent bedrock, the type of land use on studied soil species, their agro-environmental and reclamation state, data of

agrophysical properties of soils and structural-aggregate composition are presented at the proposed structure of the data bank.

Поступила 15.05.14

УДК 631.674

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ МЕТОДОВ В УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ И ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ В УКРАИНЕ

Л.И. Воротынцева

*ННЦ «Институт почеведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,
г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Проблема продовольственной безопасности Украины может быть решена при условии устойчивого и сбалансированного развития сельскохозяйственного производства, что возможно благодаря эффективному использованию земельных ресурсов и минимальной зависимости продуктивности культур от климатических условий территории. В условиях засушливого климата, неравномерного распределения осадков в течение вегетационного периода ведущим фактором повышения влагообеспеченности, урожайности культур, создания оптимального водного режима почвы является орошение [1]. При этом орошение должно быть максимально адаптированным к почвенно-климатическим условиям, агроландшафтным особенностям территории, а также условиям функционирования мелиоративных систем. Развитие устойчивого и эффективного сельского хозяйства возможно только за счет рационального и сбалансированного использования земель страны, внедрения адаптивно-ландшафтной системы земледелия для повышения плодородия почвы, ресурсосберегающих технологий орошения (например, капельного орошения), интенсивных агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур, позволяющих увеличить продуктивность выращиваемых культур.

Современное состояние управления водными ресурсами и использования орошаемых земель характеризуется комплексом социально-экономических, организационных, технических и экологических проблем. Распаевание земель, мелкоконтурность, образование большого числа мелких товаропроизводителей, нарушение технологической целостности внутрихозяйственной системы, неопределенность права собственности на оросительную внутрихозяйственную инфраструктуру, новые, изменяющиеся границы образовавшихся хозяйств не обеспечивают эффективное ведение сельскохозяйственного производства и устойчивое его развитие. Одним из инструментов решения данного вопроса

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

является применение методов и принципов интегрированного управления водными и земельными ресурсами, которое сочетает технологические аспекты управления водными ресурсами с организационными, социально-экономическими, экологическими проблемами территорий [2].

Интегрированное управление водными и земельными ресурсами – это процесс, который осуществляет управление водными, земельными и другими ресурсами для обеспечения в равной степени как максимального экономического эффекта, так и социального благосостояния в условиях устойчивого функционирования экосистем [3].

Главные принципы интегрированного управления водными ресурсами были определены в Дублине в 1992 г. на Международной конференции по проблемам воды и окружающей среды. Позднее концепция интегрированного управления, в основу которой были положены «Дублинские принципы», была принята уже в «Повестке дня на 21 век» на конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.). На Всемирном саммите по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (2002 г.) международное сообщество сделало важный шаг на пути к устойчивому водопользованию, призвав все страны «разработать планы по интегрированному использованию водных ресурсов и повышению эффективности водопользования». Было еще раз продемонстрировано, что концепция и принципы интегрированного управления водными и сопредельными ресурсами являются одними из основных предпосылок к устойчивому развитию.

В настоящее время интегрированное управление водными и земельными ресурсами входит в число приоритетных задач, является одним из эффективных инструментов управления природными ресурсами и достаточно широко внедряется в странах Европейского Союза. При этом основное внимание сосредотачивается на координированном управлении водными, земельными и связанными с ними ресурсами для достижения высоких показателей социального и экономического развития без причинения ущерба устойчивости жизненно важных элементов экосистем.

Основой современной концепции интегрированного управления является управление водой для социально-экономического развития и сохранения экосистем [4]. **Земельными, водными ресурсами и экосистемами необходимо управлять как единым комплексом для обеспечения условий жизнедеятельности людей и устойчивого развития в целом.**

Интегрированное управление водными и земельными ресурсами обеспечивает достижение приоритетов в водной политике за счет формирования профессионального управления, четкого прогнозирования и научно обоснованного планирования, поддержки скординированного межсекторального взаимодействия заинтересованных сторон. С помощью интегрированного подхода координируется управление водными ресурсами в различных отраслях экономики. Он подчеркивает необходимость разработки национальной политики и законодательной базы, учреждая более совершенную систему управления и создавая эффективные институциональные и регулирующие структуры, необходимые для выработки более справедливых и устойчивых решений.

Анализ международного опыта по данному вопросу показывает, что решение задач интегрированного управления водными и земельными ресурсами

осуществляется на основе широкого применения комплекса инструментов интегрированного управления, который включает:

- оценку водных ресурсов и потребности в них;
- разработку планов управления водными ресурсами на межгосударственном, государственном, бассейновом и территориальном уровнях;
- управление спросом и более эффективное использование воды;
- разрешение конфликтов справедливого вододеления;
- регулирующие и экономические инструменты;
- управление и обмен информацией, расширение знаний, а также информирование населения.

При этом необходимо также учитывать социальные факторы, которые должны быть направлены на повышение жизненного уровня, доходов сельского населения, создание дополнительных рабочих мест, развитие малого и среднего бизнеса.

Важнейшим элементом интегрированного управления водными и земельными ресурсами является интеграция различных точек зрения и интересов в процессе выполнения работ, планирование и инициатива «снизу-вверх».

С учетом имеющегося международного и отечественного опыта нами были проведены исследования по разработке интегрированных планов управления водными и земельными ресурсами, пространственного планирования территории для решения проблем восстановления орошения и эффективного использования земель мелиоративного фонда, обеспечения скоординированного и устойчивого использования природно-ресурсного потенциала на примере пилотной территории – Дмитриевского сельского совета Шахтерского района Донецкой области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Географически территория Дмитриевского сельского совета находится в восточной части Шахтерского района на границе с Луганской областью Украины и Ростовской областью России.

По агроклиматическому районированию Донецкая область относится к умеренному поясу, недостаточно увлажненной области степной слабозасушливой зоны, среднеконтинентальной агроклиматической провинции, поэтому устойчивое сельскохозяйственное развитие возможно только при условии применения орошения и скоординированной межотраслевой политики в планировании хозяйствования.

В состав пилотной территории входит 9 сел, площадь занимаемой территории составляет 22071,2 га. Структура земельного фонда приведена в таблице 1.

Цель исследований и проекта – разработка пространственных планов интегрированного управления водными и земельными ресурсами на территории землепользований Дмитриевского сельского совета.

Объект исследования – земельные и водные ресурсы пилотной территории.

Методы исследования – полевые мониторинговые исследования, картографирование, создание баз данных с использованием ГИС-технологий,

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

системный анализ, проведение семинаров с участием заинтересованных сторон, анкетирование.

Анализ солевого состава вод и почв выполняли по методу водной вытяжки (ГОСТ 26424–85 – ГОСТ 26428–85), тяжелые металлы определяли после их концентрирования (выпариванием до сухого остатка и растворения его 10% HCl) на атомно-адсорбционном спектрофотометре С–115.

В почве определяли содержание общего гумуса по методу И.В. Тюрина (ДСТУ 4289, ДСТУ ISO 1069), легкогидролизуемого азота – по методу Корнфилда, подвижных форм фосфора и калия – по методу Чирикова [ДСТУ 4114–2002], содержание карбонатов по методу – Соколовича.

Таблица 1
Структура земельного фонда Дмитриевского сельского совета

№	Категории земель	Площадь, га
1	Сельскохозяйственные угодья	12359,2
2	Пашня	8858,1
3	Леса	5200,00
4	Застроенные земли	272,76
5	Земли запаса	1075,7
6	Земли резерва	1351,6
7	Пастбища	3106,1
	Всего	22071,20

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пилотная территория находится в зоне с континентальным климатом, поэтому недостаточное количество продуктивной влаги в почве в период вегетационного развития большинства сельскохозяйственных культур (особенно влаголюбивых овощных и кормовых) обуславливает необходимость развития орошения на ландшафтно-адаптивных основах, интегрированного управления водными и земельными ресурсами для эффективного и устойчивого развития сельскохозяйственного производства.

Процесс разработки и реализации интегрированных планов управления водными и земельными ресурсами включает следующие этапы:

- организация проекта;
- разработка альтернативных планов водоземлепользования, согласование их на местном уровне и выбор наиболее экономически обоснованного варианта интегрированного плана;
- экономическая оценка затрат и доходов на реализацию плана;
- поиск источников финансирования для реализации предложений по интегрированному планированию территории (государственный бюджет, местный бюджет, средства сельского совета, средства инвесторов) и реализация плана;
- контроль выполнения работ и оценка результатов реализации плана.

На первом этапе было проведено комплексное изучение вопросов социально-экономического развития pilotной территории, инфраструктуры, экологии, организации землеводопользования, которые являются ключевыми при разработке интегрированных планов управления водными и земельными ресурсами.

Одним из основных объектов при интегрированном планировании территории, оценке пригодности того или иного участка под орошение является почва, поскольку именно почва является объектом орошения. При этом необходимо учитывать влияние орошения и на другие элементы ландшафта (геологию, гидрогеологические условия, поверхностные и грунтовые воды), т.е. придерживаться требований сохранения агроэкологического равновесия в природной среде.

На основе ГИС выполнен сопряженный анализ современного состояния pilotной территории для принятия управлеченческих решений и разработки планов интегрированного управления. Были проведены комплексные исследования и оценка территории по следующим аспектам:

- инфраструктура в сельской местности (дороги, населенные пункты и др.);
- организация землепользования (планы землепользования, карты размещения паев, структура землепользования – наличие земель запаса и естественных угодий, земель лесного фонда, пастбищ, размещение сельскохозяйственных предприятий);
- размещение водохозяйственной инфраструктуры (размещение мелиоративных и дренажных систем, прудов, рек), состояние систем водоснабжения и водоотведения;
- качество воды водных источников и возможности их использования для орошения, экологическое состояние водных ресурсов;
- почвенный покров, качественная оценка почв, мероприятия по повышению плодородия почв, продуктивности выращиваемых культур.

С использованием для пространственного планирования геоинформационных систем (ГИС) дана оценка состояния землеводопользования и создана пространственная база данных природно-ресурсного потенциала, которая в дальнейшем явилась основой для разработки интегрированных планов развития данной территории и сценариев планирования землеводопользования.

Водные ресурсы на изучаемой территории представлены реками Миус, Нагольная и многочисленными прудами. Река Миус берет начало на склонах Донецкого кряжа, является самой длинной рекой его южного склона и одной из крупнейших рек Приазовья. Общая длина реки 258 км, площадь бассейна 6680 км² (в пределах Украины соответственно 90 км и 4890 км²).

Одним из крупнейших притоков реки Миус является Нагольная (левый приток). В пределах Донецкой области в русле реки размещено 9 прудов, общей площадью 128 га и объемом 4,57 млн м³, а также Грабовское водохранилище площадью 166 га, полным объемом 13,75 млн м³ и полезным 12,79 млн м³. Площадь водосбора водохранилища 227 км². Еще три крупных водохранилища с объемом более 10 млн м³ размещено в бассейне притока Крынка. Сток реки Крынка полностью зарегулирован, в ее бассейне размещены 15 водохранилищ и 57 прудов с суммарным объемом 18320000 м³.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Расчеты вероятности превышения средних годовых расходов показали, что среднегодовой сток реки Миус при $P = 75\%$ составляет $4,39 \text{ м}^3/\text{с}$. Экологически допустимые расходы для реки составляют $4,57 \text{ м}^3/\text{с}$, что на $0,18 \text{ м}^3/\text{с}$ превышает расход при $P = 75\%$, на которую рассчитывается водообеспеченность оросительных систем. Поэтому при условии сохранения в реке расходов, близких к экологически допустимым, для дополнительного орошения запасы воды отсутствуют, но учитывая наличие в пределах пилотной территории функционирующих прудов, рациональным является обустройство водосберегающих систем орошения, в частности, капельного.

Анализ воды основных источников оросительных вод – рек Миус и Нагольная показывает (табл. 2), что по содержанию солей они классифицируются как слабоминерализованные и по ирригационной оценке по агрономическим критериям [5] относятся ко II классу – ограниченно пригодные для орошения по опасности осолонцевания и ощелачивания почв. Тип солей в воде – гидрокарбонатный кальциево-магниевый. Воды прудов, находящихся на изучаемой территории, по химическому составу классифицируются как пригодные для орошения и относятся к I классу. Концентрация солей составляет $0,6 \text{ мг}/\text{дм}^3$, тип солей также гидрокарбонатный кальциево-магниевый. По содержанию тяжелых металлов (табл. 3) и питательных веществ – азота, фосфора, калия (табл. 4) воды пригодны для орошения [6].

При интегрированном планировании развития территории одной из главных составляющих является почва, поскольку именно от ее свойств, качества и плодородия зависит эффективность сельскохозяйственного производства, его рентабельность и доходность. На основании имеющихся материалов нами разработана электронная карта почв пилотной территории. Следует отметить, что почвенный покров разнообразен, номенклатурный список включает такие типы и подтипы почв, как: черноземы обыкновенные, черноземы оподзоленные, черноземы реградированные, темно-серые почвы, солонцы степные, лугово-черноземные, луговые почвы.

Почвы сформировались также на различных почвообразующих породах разного происхождения, гранулометрического состава, гумусированности, эродированности и карбонатности. Наиболее распространенными породами пахотных земель являются лесы и лессовидные суглинки эолового, элювиального и аллювиально-делювиального генезиса. Гранулометрический состав их преимущественно тяжелосуглинистый и легкоглинистый, они карбонатные (карбонаты в форме белоглазки, прожилок), пористые, имеют благоприятный водно-воздушный режим и физико-химические свойства. Черноземы на этих породах наиболее плодородные.

На пахотных землях площадью 8858 га преобладают черноземы обыкновенные неэродированные и разной степени эродированности на лессовых карбонатных породах, частично на элювии сланцев и песчаников. Сельскохозяйственные угодья площадью 12359 га представлены другими подтипами черноземов, характеризующихся более низким плодородием, и заняты пастбищами, лесом, кустарниками. На склонах, конусах выноса и днищах балок, долинах рек почвообразующими породами являются продукты выветривания коренных пород, делювиальные и аллювиальные отложения в виде сланцев, песчаников, лессовидный делювий, аллювиальные пески, мергели.

Таблица 2

**Химический состав и ирригационная оценка качества воды
по агрономическим критериям**

№ з/п	Водный источник	Сумма солей, г/дм ³	рН	Содержание ионов солей, мекв/дм ³					Оценка по опасности [5]				
				HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	засоле- ния почвы	осолон- цевания почвы	ошелачи- вания почвы
1	р. Нагольная (с. Дмитриевка)	0,95	8,4	8,9	3,6	0,78	3,4	5,2	4,61	0,07	1 класс	2 класс	2 класс
2	р. Миус (с. Дмитриевка)	1,10	8,4	9,2	3,5	2,91	4,5	6,7	4,30	0,11	1 класс	2 класс	2 класс
3	Пруд (с. Латышево)	0,61	7,6	4,9	0,9	2,75	3,5	3,7	1,30	0,05	1 класс	1 класс	1 класс

Таблица 3

**Содержание тяжелых металлов и оценка качества воды
по экологическим критериям**

Водный источник	Содержание тяжелых металлов, мг/дм ³							Сумма, мекв/дм ³	Оценка по [6]		
	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn		
р. Нагольная	0,00005	0,00005	0,0018	0,0026	0,0456	0,0076	0,0013	0,00214	0,0163	0,077	1 класс

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 4
Содержание питательных веществ в воде

Водный источник	Содержание питательных веществ в воде, мг/дм ³		
	P ₂ O ₅	N-NO ₄	N-NH ₄
р. Нагольная (с. Дмитриевка)	0,075	0,96	0,15
р. Миус (с. Дмитриевка)	0,15	1,92	0,32
Ставок (с. Латышево)	0	1,76	0,41

На основе систематизации, обработки и анализа имеющихся данных различных служб, а также результатов проведенных нами мониторинговых наблюдений сделана эколого-почвенно-агрохимическая оценка качества почв в баллах на основании комплекса почвенно-агрохимических, экологических показателей, а также по отдельным показателям.

Содержание гумуса в почвах колеблется в пределах 2,2...5,3%, то есть они характеризуются средним, повышенным и высоким содержанием гумуса в соответствии с ДСТУ 4362:2004 и лишь на незначительной территории – очень высоким (5,1–5,3%). По площади преобладают почвы с повышенным и высоким содержанием гумуса.

По содержанию легкогидролизуемого азота, который определялся по методу Корнфилда, почвы на территории Дмитриевского сельского совета характеризуются очень низкой и низкой степенью обеспеченности этим элементом, что свидетельствует о необходимости внесения азотных удобрений под выращиваемые культуры. Очень низкой обеспеченностью азотом характеризуются смываемые почвы: чернозем обыкновенный сильно- и слабосмытый на глинах и на рыхлых песчаных породах, чернозем среднесмытый на элювии сланцев.

Содержание подвижного фосфора в почвах находится на уровне среднего и повышенного. Этапон по содержанию подвижного фосфора, определенного по методу Чирикова, составляет 200 мг / кг, поэтому на почвах, где содержание этого элемента питания ниже приведенного значения, необходимо вносить фосфорные удобрения.

Содержание подвижного калия в почвах изменяется в пределах 80...370 мг/кг в различных типах почв, что согласно классификации ДСТУ 4362:2004 [7] соответствует повышенной, высокой и очень высокой степени обеспеченности этим питательным элементом. На преобладающей площади почвы характеризуются высоким и очень высоким содержанием этого элемента.

Средневзвешенные значения бонитета для почв изменяются от 22,3 до 71,3 баллов. На большей части площадей земель (около 60%) он составляет 41–60 баллов. При этом наиболее высокие значения этого показателя характерны для чернозема обыкновенного среднегумусного, чернозема обыкновенного на мытого, чернозема обыкновенного намытого низменного и чернозема лугового.

Анализ организации землепользования показал, что в результате проведения земельной реформы и распаевания земель для данной территории характерным является мелкоконтурность, фрагментация земельных участков (размер паев в среднем составляет 4–6 га), которая не соответствует требованиям оптимального водопользования при проведении орошения, создает определенные сложности при сельскохозяйственном использовании земель, усложняет и ограничивает возможность рационального, устойчивого планирования товаропроизводства.

Анализ состояния земель, которые ранее относились к землям мелиоративного фонда, показал, что они также распаеваны (нарушена целостность мелиоративной системы) и размер участков составляет около 0,2 га, что создает трудности при их использовании. Поэтому необходимым является создание ассоциаций землеводопользователей с целью объединения мелких арендных хозяйств и отдельных фермеров в более крупные структуры. Одним из вариантов интегрированного планирования развития и использования данных земель является применение принципов консолидации земельных ресурсов с участием землеводопользователей на добровольных началах. Необходимо на площади 105 га (ранее орошаемые земли) объединить паи, увеличить площадь участков с целью восстановления орошения на базе существующего оросительного канала с применением ресурсосберегающих режимов орошения – капельного орошения.

Традиционным направлением хозяйствования предприятий на пилотной территории еще издавна было сельскохозяйственное производство, преимущественно выращивание овощной продукции. На сегодняшний день выращиванием овощной продукции занимаются мелкие фермерские хозяйства и отдельные фермеры на приусадебных делянках, паях. Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, устранения дефицита воды в вегетационный период, повышения продуктивности земель, а также увеличения доходов сельхозпроизводителей необходимым является восстановление выращивания овощей в открытом грунте на более крупных площадях с использованием орошения, создание крупных кооперативов, строительство перерабатывающего комбината для таких овощей как перец, баклажаны, столовая свекла, морковь.

На сегодняшний день внутрихозяйственная оросительная сеть уничтожена, коллекторно-дренажная система не работает. Но орошение (преимущественно капельным способом) применяется на мелких участках – приусадебных делянках, мелких земельных участках. В связи с этим на данной территории одним из способов решения сложившихся проблем является внедрение принципов интегрированного управления водными и земельными ресурсами с максимальной адаптацией к природно-ландшафтным условиям.

Для восстановления ранее существовавших орошаемых систем и строительства новых необходимо проведение следующих мероприятий:

- консолидация земельных участков, паев для улучшения условий землепользования – объединение мелких фермерских земельных участков в крупные земельные массивы с целыми полями севооборотов (полив широкозахватными дождевальными машинами полей площадью по 50–100 га, полив машинами барабанного типа полей площадью 10–50 га, капельное орошение полей площадью 10–20 га);

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

– выбор направления специализации хозяйств по выращиванию сельскохозяйственных культур в условиях орошения. В крупных коллективных хозяйствах и агрофирмах с площадью полей 50–100 га специализация севооборотов обычно зерно-кормового направления с включением 1–2 полей технических и овощных культур. При поливах водами 2 класса не менее 25% площади севооборота должны занимать многолетние бобово-злаковые травы, 25–50% – зерновые и 25–30% – технические и овощные культуры.

Например: поля 1–2 люцерна + злаковые; 3. Озимая пшеница + пожнивные культуры на зеленый корм; 4. Корнеплоды, картофель, овощи; 5. Кукуруза – зерно; 6. Кукуруза МВС; 7. Озимая пшеница + пожнивные культуры; 8. Соя; 9. Ячмень + люцерна.

Для меньших фермерских хозяйств с орошением мобильными дождевальными машинами, напуском по бороздам или капельным способом специализация севооборотов должна быть ориентирована на выращивание овощных культур. При орошении водами 2 класса необходимо включение 2-х полей многолетних трав.

Например: поля 1–2 люцерна + злаковые; 3. Томаты; 4. Капуста; 5. Баклажаны; 6. Лук; 7. Огурцы; 8. Картофель или 1–2 люцерна + злаковые; 3. Картофель или томаты; 4. Капуста; 5. Лук; 6. Бахчевые; 7. Огурцы.

На основе комплексного изучения состояния pilotной территории с участием заинтересованных сторон (фермеров, пайщиков, представителей хозяйств) были разработаны альтернативные планы интегрированного управления земельными и водными ресурсами, которые сопровождались их эколого-экономической оценкой (рис. 1). Для формирования идей и сравнительной оценки различных вариантов предложений был использован интерактивный метод планирования с участием экспертов, специалистов водного, лесного, сельского хозяйства, заинтересованных сторон на местном уровне. Был проведен ряд семинаров с представителями сельского совета, кооперативов, сельскохозяйственных предприятий, отдельными фермерами. Одним из гарантов успешной реализации планов интегрированного управления является заинтересованность всех сторон и инициатива в направлении «снизу-вверх».

Один из альтернативных планов предусматривает восстановление орошения дождеванием в пределах ранее действовавшей оросительной системы или обустройство системы капельного орошения для общества с ограниченной ответственностью (ООО) им. Челюскинцев на площади 239,6 га (рис. 2). Общая площадь земель в данном хозяйстве составляет 2100 га, количество пайщиков – 520 чел. В данном случае есть все необходимые предпосылки для восстановления орошения – плодородные черноземы обыкновенные, наличие источника воды – рядом протекает река.

Проблемы состояния и использования водных и земельных ресурсов:

- **неудовлетворительное техническое состояние систем водоснабжения и водоотведения в селах;**
 - защите и заграждение русл п. Миус и Нагольная; отсутствие прибрежных защитных полос в долин рек; раздробленность и мелкоконтурность земельных участков; деградация почв в результате развития эрозии; разрушение мелиоративных систем.

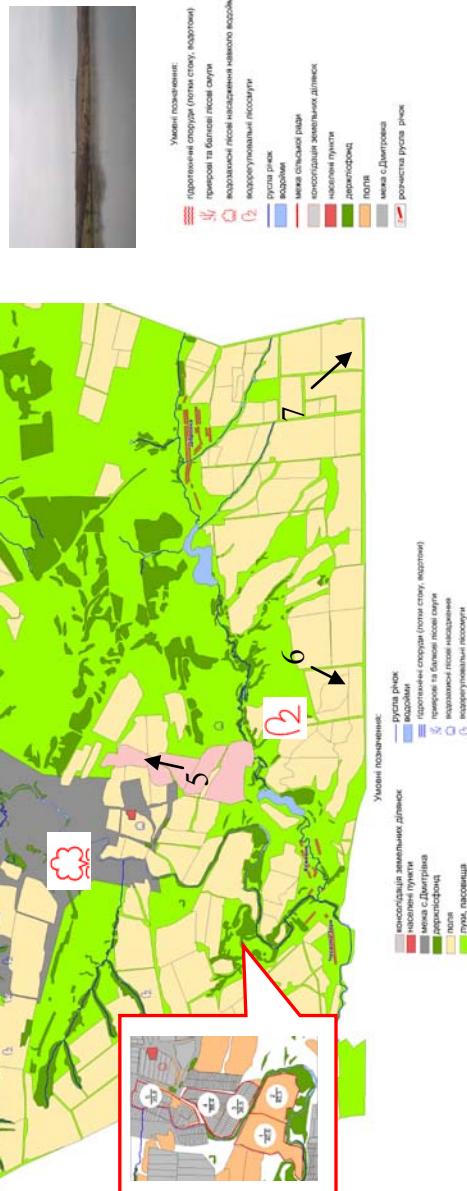


Рис. 1. Мероприятия по интегрированному управлению водными и земельными ресурсами на пилотной территории

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

П/п	Мероприятия	Ориентировочная стоимость работ, тыс. грн	Источники финансирования
1	Расширение и модернизация систем центрального водоснабжения и водоотведения	8000	Государственная целевая программа «Питна вода України», бюджет и частные инвестиции
2	Расчистка и углубление русел рек Миус и Нагольная	200	Государственный и местный бюджет, частные инвестиции
3	Обустройство прибрежных полос	240	Государственный и местный бюджет, частные инвестиции
4	Консолидация земельных участков, проектирование и обустройство систем капельного орошения для СОК «Джерело Сходу» и закладка плодово-ягодного сада	1441	Государственный и местный бюджет, частные инвестиции
5	Восстановление мелиоративных систем для орошения дождеванием для ООО им. Челюскинцев	7800	Государственный и местный бюджет, частные инвестиции
6	Противоэрозионное обустройство территории	1680	Государственный и местный бюджет, частные инвестиции
7	Приемы по повышению плодородия почв	10571	Государственный и местный бюджет, частные инвестиции



Рис. 2. Восстановление орошения земельных участков в ООО им. Челюскинцев

В севообороте предусматривается выращивание таких культур: озимая пшеница, кукуруза, подсолнечник, эспарцет, чистый пар. Данное хозяйство предполагает вкладывать средства в восстановление орошения дождеванием или обустройство системы капельного орошения, что даст возможность сбалансировано управлять и использовать водные ресурсы, учитывая ландшафтные условия и качество почвенных ресурсов, повысить эффективность сельскохозяйственного производства за счет увеличения количества пайщиков и расширения площади земель.

Второй сценарий организации интегрированного земле- и водопользования на территории Дмитриевского сельсовета предполагает проектирование и строительство систем капельного орошения для сельскохозяйственного обслуживания кооператива (СОК) «Джерело Сходу» с целью выращивания овощных культур и закладки плодово-ягодного сада. Кооператив имеет земельные участки общевойсомостью 89 га, которые территориально размещаются на большом расстоянии друг от друга, что создает определенные трудности в их использовании, обработке, сборе урожая, его транспортировке. В связи с этим как один из инструментов интегрированного управления необходима консолидация земельных участков, обмен ими с целью рационального размещения вблизи друг от друга, а также расширения площадей земель за счет присоединения других пайщиков.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 5

Характеристика почв земельных делянок СОК «Джерело Сходу»

Участок	Почва	Содержание гумуса, %	рН	Содержание питательных веществ, мг/кг			
				N-NO ₃ +N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	
№ 1	чернозем луговой	3,7	7,0	10,5	260		119
№ 2	чернозем обыкновенный среднегумусный	4,2	6,9	11,0	278		125
№ 3	чернозем луговой	3,4	7,1	10,9	275		120

Таблица 6

Характеристика солевого состава почв

Грунт	Глубина, см	Карбонаты, %	рН	Содержание солей, мекв/100 Г			
				HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺
Чернозем луговой (участок № 1)	0–25	0,3	0,03	6,8	0,45	0,13	0,43
	25–50	0,5	0,04	7,2	0,50	0,13	0,28
	50–75	0,8	0,04	7,8	1,35	0,13	0,08
	75–100	0,6	0,05	7,7	1,38	0,13	0,55
Чернозем обыкновен- ный среднегумусный (участок № 2)	0–25	0,9	0,05	7,1	0,50	0,13	0,34
	25–50	2,3	0,03	7,7	1,3	0,13	0,29
	50–75	9,3	0,04	7,9	1,09	0,13	0,20
	75–100	16,5	0,05	8,1	1,10	0,13	0,20
Чернозем луговой (участок № 3)	0–25	0,3	0,04	7,0	0,53	0,13	0,20
	25–50	0,5	0,03	7,4	0,65	0,13	0,19
	50–75	1,3	0,06	7,8	1,25	0,13	0,35
	75–100	0,8	0,06	7,9	1,30	0,13	0,20

Первый участок (площадью 12 га) планируется использовать для выращивания овощных культур при капельном орошении, второй (48 га) – для выращивания зерновых, кормовых (28 га) и овощных культур (20 га). Относительно третьего участка площадью 29 га, по согласованию с членами кооператива, рассматривается вариант консолидации земель и обмен данного участка на участок в пойме реки с целью закладки плодово-ягодного сада при капельном орошении.

Характеристика почвенного покрова территории СОК «Джерело Сходу» приведена в таблице 5. Почвы представлены черноземом луговым и черноземом обыкновенным. Почвы характеризуются нейтральной реакцией среды, низким содержанием минерального азота [6]. По содержанию гумуса почвы характеризуются как малогумусные, обеспеченность минеральным азотом на уровне низкой степени, подвижными фосфором и калием – на уровне повышенной и высокой. По содержанию токсичных солей почвы характеризуются как незасоленные, тип солей преимущественно гидрокарбонатный магниево-кальциевый (табл. 6). Содержание карбонатов кальция в почвенном профиле варьирует от 0,3% до 16,5%. По составу поглощенных катионов почвы всех участков характеризуются как неосолонцовые (табл. 7).

Таблица 7
Содержание поглощенных катионов в почве

Почва	Глубина, см	Содержание поглощенных катионов, мекв/100 г				Сумма катионов	Na+K, % от суммы
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
Чернозем луговой (участок № 1)	0–25	23,5	17,5	0,21	0,47	41,7	1,6
	25–50	24,0	16,0	0,23	0,31	40,7	1,3
Чернозем обыкновенный среднегумусный (участок № 2)	0–25	40,0	13,0	0,22	0,75	54,0	1,8
	25–50	42,5	12,5	0,26	0,49	55,7	1,4
Чернозем луговой (участок № 3)	0–25	22,5	11,5	0,21	0,52	35,0	2,2
	25–50	21,0	10,0	0,23	0,30	31,5	1,7

Деятельность кооператива направлена на выращивание овощных культур в условиях капельного орошения, создание кормовой базы для развития животноводства (выращивание зерновых, кормовых культур, расширение площадей пастбищ), а также создание миницехов по переработке зерна, овощей, молока и мяса.

Для выращивания овощных культур при капельном орошении предлагается севооборот с таким чередованием культур:

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Участок № 1 – 12 га

1. Озимая пшеница
2. Картофель
3. Капуста
4. Лук
5. Перец
6. Томаты

Участок № 2 – 20 га

1. Озимая пшеница
2. Картофель
3. Капуста
4. Лук
5. Перец, томаты

Для эффективного ведения товаропроизводства в кооперативе необходимо привлечение и обучение заинтересованных сторон, развитие кооперации и создание ассоциаций земле- и водопользователей, консолидация земельных участков и территориальное их размещения недалеко друг от друга с целью интегрированного управления водными и земельными ресурсами. Два участка членов кооператива расположены у реки, а один – на большом расстоянии. Поэтому предлагается провести консолидацию, обменять участок № 2 на равноценный по почвенным свойствам и показателям, располагающийся вблизи участков № 1 и № 3, в пойме реки Нагольная. На данном участке площадью 29 га предлагается заложить плодово-ягодный сад с применением капельного орошения. На 20 га планируется заложить сад с выращиванием плодовых культур, а на 9 га – выращивать ягодные культуры. Для эффективного развития кооператива необходимо увеличить количество пайщиков и соответственно площадь земли до 350–400 га.

При орошении обязательным является проведение мониторинговых наблюдений за состоянием почвенного покрова, изменением почвенных показателей, а также разработка и внедрение системы агромелиоративных мероприятий для повышения плодородия почв.

Внедрение сценариев интегрированного планирования управлением водными и земельными ресурсами pilotной территории будет способствовать улучшению социально-экономических условий развития сельской территории, росту доходов и занятости населения, развитию малого и среднего бизнеса, повышению рентабельности производства, улучшению условий землепользования, рациональному скоординированному использованию водных и земельных ресурсов с учетом ландшафтных особенностей для получения максимального экономического эффекта. Восстановление мелиоративных систем и обустройство системы капельного орошения будет способствовать повышению потенциала сельскохозяйственных культур, расширению площадей овощных, зерновых, кормовых культур и получению стабильных урожаев.

ВЫВОДЫ

1. Для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственного производства, рационального использования и охраны водных, земельных и почвенных ресурсов территории, скоординированного развития различных отраслей производства необходимым является внедрение принципов интегрированного управления с учетом ландшафтно-природных особенностей территории.

2. С использованием геоинформационных технологий дана оценка состояния землеводопользования, природно-ресурсного потенциала pilotной территории, что явилось основой при разработке планов по интегрированному управлению водными и земельными ресурсами на территории Дмитриевского сельского совета. Анализ вод источников орошения показал, что воды рек Миус и Нагольная относятся ко 2 классу (ограниченно пригодные для орошения по опасности осолонцевания и ощелачивания почв), а воды имеющихся прудов – к 1 классу (пригодные). На преобладающей части площадей земель средневзвешенные значения бонитета почв составляют 41–60.

3. На основании комплексного изучения состояния pilotной территории (инфраструктуры, организации землеводопользования, состояния водных, земельных ресурсов) с участием заинтересованных сторон (органов местной власти, фермеров, пайщиков, представителей хозяйств) были разработаны пространственные планы интегрированного управления земельными и водными ресурсами данной территории и выполнена их эколого-экономическая оценка. Одним из условий успешной реализации планов интегрированного управления является заинтересованность всех сторон и инициатива в направлении «снизу-вверх».

4. Альтернативные планы интегрированного управления предусматривают восстановление мелиоративных систем для орошения дождеванием в пределах ранее действовавшей оросительной системы (или обустройство системы капельного орошения) на территории землепользования ООО им. Челюскинцев для выращивания зерно-кормовых культур, а также обустройство систем капельного орошения для выращивания овощных культур и закладку плодово-ягодного сада для СОК «Джерело Сходу».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / С.А. Балюк [та інш.]; за наук. ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашенка, В.А. Сташука. – К.: Аграрна наука, 2009. – 273 с.
2. Peter S. Lee Some challenges for ICID in the European region / Peter S. Lee // Progress in managing water for food and rural development: materials of 23rd European regional Conference, Lviv, May 17–24 2009. – Lviv, 2009. – Р. 5.
3. Global Water Partnership // Water management and Ecosystems: living with change / Technical Committee / Paper no 9. – Stockholm Sweden, 2003. – 74 р.
4. Коваленко, П.І. Інтегроване управління водними та земельними ресурсами на зрошувальних системах / П.І. Коваленко, О.І. Жовтоног // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 1. – С. 5–10.
5. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії: ДСТУ 2730–94. – К.: Держстандарт України, 1995. – 14 с.
6. Якість води для зрошення. Екологічні критерії: ВНД 33–5.5–02–97. – Харків, 1998. – 15 с.
7. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів: ДСТУ 4362:2004. – [Чинний від 2006–01–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.

**USING OF INTEGRATED METHODS FOR MANAGEMENT
OF WATER AND LAND RESOURCES IN UKRAINE**

L.I. Vorotyntseva

Summary

For security of sustainable development of agriculture, agromeliorative complexes, rational and balance use of water and land resources need to develop the cross-sectoral policies with methods and principles of integrated management. On the example of the pilot area (Shahtersky district of Donetsk region) with interested party the alternative spatial plans for integrated management of land and water resources are developed. They are directed at restoration of agromeliorative complexes, development of drip irrigation, improvement of soil fertility, improved of land use, creation of water and land users associations.

Поступила 21.04.14

УДК 631.4:549.905.8

**БУРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КОРД МОЛДОВЫ: ОСОБЕННОСТИ
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ**

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов

*Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо,
г. Кишинев, Молдова*

ВВЕДЕНИЕ

В общетеоретическом плане буровоземы представляют собой гумидно-лесные почвы хорошо дренированных склонов в горах или на сильно расчлененных высоких равнинах, формирующиеся при промывном водном режиме и богатом азотно-кальциевом биологическом круговороте веществ. Образуются эти почвы под широколиственными, хвойно-широколиственными и хвойными лесами с развитым травяным покровом. В генетическом отношении важным признаком буровоземообразования считается интенсивное внутрипочвенное оглинивание метаморфического горизонта В. В бурых лесных почвах нередки проявления современного и реликтового оглеения [9]. По мере изучения бурых лесных почв ареал их распространения все более расширялся, и в настоящее время этот тип горно-лесных почв являются самым распространенным.

Бурые лесные почвы Молдовы сформировались в северо-западной и центральной частях Кодр (Центрально-Молдавской возвышенности) под широколиственными лесами европейского типа (бук, дуб, граб), в прошлом, по-видимому, более распространенными [10]. Эти почвы в регионе можно считать

специфическими, поскольку их площадь всего около 20 тыс. га. Средний высотный уровень их залегания около 300 м. Классификационное деление бурых лесных почв Молдовы на подтиповом уровне неоднозначно. Согласно одной из позиций, они подразделяются на слабоненасыщенные лессивированные и слабоненасыщенные типичные (по-видимому, нелессивированные и оглиненные) [5], согласно другой – на слабоненасыщенные оподзоленные и слабоненасыщенные неоподзоленные подтипы [8, 10]. В условиях Молдовы диагностика внутрипочвенного оглинивания в бурых лесных почвах средствами количественного минералогического анализа, наиболее информативного в данном случае метода, затруднена по той причине, что они преимущественно образовались на неоднородных почвообразующих породах плиоценового возраста высоких отметок Кодр.

Перед нами стояла задача дать более однозначный ответ, насколько правильно по минералогическим показателям бурые лесные почвы Молдовы делить: (1) на лессивированные или оподзоленные; (2) на лессивированные (или оподзоленные) и типичные, т.е. нелессивированные и неоподзоленные, но с признаками оглинивания [5, 6, 8]; (3) в какой степени в этих почвах развит процесс внутрипочвенного оглинивания [6]. Нам неизвестны подобные сопряженные исследования первичных и глинистых минералов бурых лесных почв других регионов в сопровождении балансовых расчетов, поэтому, к сожалению, мы лишены возможности провести сравнительный анализ.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В связи с поставленной задачей возникла дополнительная проблема поиска таких мест закладки разрезов, которые исключали бы влияние склоновых процессов, а также, по возможности, обеспечивали однородность почвообразующей породы. Первое условие было выполнено закладкой разрезов на водоразделах, второе условие выполнено только частично: относительно однородная толща породы в отобранных для исследования разрезах прослеживалась только до глубины 80–110 см, включая горизонт ВС, который в дальнейшем и был принят за точку отсчета всех изменений по профилю. Размещение разрезов на водоразделах обеспечивало к тому же изучение бурых лесных почв в наиболее типичном и полном их проявлении, в связи с чем полученные результаты заслуживают особого внимания.

Изучены 3 разреза бурых лесных почв. Заложены они на водоразделах Кодр близ сел Хородиште (разрез 7м, абс. выс. 376 м), Пыржоптень (разрез 8м, абс. выс. 371 м) Каларашского района и близ пересечения Полтавского шоссе с дорогой на Лозово (разрез 9м, абс. выс. 377 м) Страшенского района. Представляет интерес то обстоятельство, что все три почвы, находящиеся до десятка км друг от друга, оказались среднесуглинистого состава, что может свидетельствовать о их типичности для исследуемых водоразделов. Из свойств отобранных бурых лесных почв отметим такие показатели, как pH, гидролитическая кислотность и карбонаты. Значения первых в разрезе 7м находились в пределах 6,0–6,4, с глубиной понижались; в разрезе 8 м – в пределах 5,4–6,4, наименьшие значения наблюдались в средней части профиля, в горизонте В; в разрезе 9м – в пределах 4,4–5,6, наименьшие значения также в горизонте В. Таким образом, pH почв снижался от разреза 7м к разрезу 9м. В этой же последовательности по

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

разрезам гидролитическая кислотность почв увеличивалась с 2–4 до 6–12 мг-экв/100 г как следствие, вероятно, усиления видимых проявлений процессов стагнированного оглеения [7]. Карбонаты во всех разрезах отсутствовали на всю исследованную глубину профиля.

Изучен состав первичных и глинистых минералов: первые – во фракции $>1\text{ мкм}$, вторые – во фракции $<1\text{ мкм}$. Фракционное разделение образцов проведено по методике [3]. Органическое вещество перед фракционированием образцов удаляли. Состав первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав минералов установлен по известным рекомендациям [11, 12]. Количественный анализ проведен по методикам [2, 4]. Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризовался следующими параметрами (отн. %): кварц – 2,9–3,3; полевые шпаты – 3,8–8,9; слюды – 5–20; хлорит – 15–26; группа смектита – 2,5–3,0; иллит – 2,2–2,6; хлорит (ил) – 12–25; каолинит (ил) – 15–25 [2]. Все расчеты произведены на минеральную бескарбонатную часть фракций и почвы.

Анализ распределения минералов по профилю почв и влияния на них процессов педогенеза проведен с помощью 10 показателей (К1, К2, К3, К4, ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС, ПИКИ, ПНКИ). Эта система показателей разработана для степных и лесостепных черноземов [1]. Ее использование для бурых лесных почв является проверкой ее работоспособности на этих почвах. В основе показателей лежат соотношения содержания по профилю между устойчивыми к выветриванию кварцем и диоктаэдрическим иллитом, с одной стороны, и менее устойчивыми группами минералов, с другой. Помимо высокой устойчивости к выветриванию, кварц и диоктаэдрический иллит, образованный по мусковиту, характеризуются высоким содержанием в почвах Молдовы: кварц в крупном материале размера $>1\text{ мкм}$, диоктаэдрический иллит в тонком – размера $<1\text{ мкм}$. Это обстоятельство имеет существенное значение для повышения точности анализа, а также «чувствительности» оценочных показателей.

Соотношения К1, К2, К3 характеризуют степень выветривания полевых шпатов (суммарно плагиоклазов и калиевых полевых шпатов, К1), слоистых силикатов (суммарно слюд, хлорита и каолинита, К2), тех и других вместе (К3). Расчитываются как отношения содержания в процентах кварца к содержанию указанных групп минералов в каждом горизонте, деленные на такое же отношение в породе. При допущении однородности породы показатель более 1 свидетельствует о разрушении соответствующей группы минералов. Величина отношения пропорциональна размерам разрушения. Значения отношения ниже 1 или их колебания по профилю между значениями больше и меньше 1 указывают на разные виды проявления неоднородности породы. В основе такого заключения лежит неспособность, как известно, неустойчивых минералов вулканического происхождения при нормальных температурах и давлениях к воспроизведению. Их содержание в почвах по отношению к кварцу может только уменьшаться.

К4 представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию безгумусного бескарбонатного ила (фракции $<1\text{ мкм}$ или фракции глинистых минералов) по профилю, деленное на такое же отношение в породе. Сочетание К4 менее 1 с К3 более 1 будет указывать на наличие процесса оглинивания, поскольку свидетельствует о новообразовании глинистых минералов за счет

материала первичных минералов. Возможны другие комбинации значений К4 и К3 по профилю черноземов в зависимости от характера преобразования силикатной части почвы под влиянием процессов выветривания и почвообразования или проявлений неоднородности породы.

Показатель интенсивности выветривания, иллит-смектитовый (ПИИС) оценивает интенсивность преобразования фракции <1 мкм по горизонтам почвы в аспекте изменения соотношения иллит/смектит. Представляет собой отношение содержания в процентах устойчивого диоктаэдрического иллита к содержанию неустойчивого смектита во фракции, умноженное на 10 с целью получения целого числа. Среди иллитов вероятна примесь триоктаэдрического иллита, который не учитывался, поскольку в присутствии диоктаэдрического иллита его небольшая примесь диагностике не поддается.

Показатель напряженности выветривания, иллит-смектитовый (ПНИС) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований в ряду изменения отношения иллит/смектит по всему профилю и представляет разницу в ПИИС между верхним горизонтом и породой. Такой подход оказался возможным в связи с тем, что, например, в черноземах закономерно содержание вниз по профилю иллита уменьшается, а смектита увеличивается.

Показатель интенсивности выветривания, кварц-смектитовый (ПИКС) представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию смектита в каждом горизонте.

Показатель напряженности выветривания, кварц-смектитовый (ПНКС) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований по всему профилю и представляет разницу в ПИКС между верхним горизонтом и породой.

Показатель интенсивности выветривания, кварц-иллитовый (ПИКИ) представляет собой отношение содержания в процентах кварца к содержанию иллита в каждом горизонте. Особенность этого показателя заключается в том, что его значения вверх по профилю уменьшаются. Объясняется это тем, что в результате процессов выветривания и почвообразования относительное накопление иллита в почве опережает относительное накопление в ней кварца.

Показатель напряженности выветривания, кварц-иллитовый (ПНКИ) характеризует одной цифрой напряженность минеральных преобразований по всему профилю и представляет разницу в ПИКИ между верхним горизонтом и породой. Особенность данного показателя заключается в том, что он приобретает отрицательное значение в силу того, что его значение в верхнем горизонте ниже, чем в породе.

В связи с более сложной природой профилей лесных почв в сравнении с черноземными все показатели напряженности выветривания посчитаны для каждого генетического горизонта.

Материалы исследования рассмотрены в определенной последовательности. Отдельно показаны особенности состава первичных и особенности состава глинистых минералов. Анализ продолжен характеристикой распределения указанных групп минералов по почвенному профилю с помощью упомянутых выше интегральных показателей. Особенности минералогического состояния бурых лесных почв рассмотрены в сопоставлении с ксерофитно-лесными

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

черноземами. Основанием для этого послужила принадлежность обоих типов почв к лесной экосистеме Молдовы, но занимающих разные высотные уровни, а также обеспеченность их аналогичными минералогическими исследованиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первичные минералы. Содержание первичных минералов в почве определяется содержанием фракции $> 1 \text{ мкм}$. Ее количество в исследуемых бурых лесных почвах находится в пределах 64–83% (табл. 1). Почвы близки по гранулометрическому составу. В то же время распределение в них фракции по профилю неодинаково: в разрезе 7м ее содержание по глубине довольно постоянно, в разрезах 8м и 9м – увеличивается к верхним горизонтам, что особенно выражено в последнем. Фракция на 61–73% представлена кварцем. Во всех разрезах его содержание увеличивается вверх по профилю на 6–10%. Содержание плагиоклазов почти неизменно, в пределах 8–9, калиевых полевых шпатов – 8–10%; слюд – 5–16, содержание их к верхним горизонтам снижается; хлорита – 1–2 и глинистого минерала каолинита – 1–3% (табл. 1). В отличие от ксерофитно-лесных черноземов (данные не приводятся), исследуемая фракция бурых лесных почв обогащена кварцем и обеднена другими минералами. Показатели для почвы в целом выглядят таким образом: кварц – 39–59%, плагиоклазы – 5–7, калиевые полевые шпаты – 6–8, слюды – 4–12, хлорит – 1–2, каолинит – 1–2%. Содержание кварца и полевых шпатов вверх по профилю заметно увеличивается, слюд – уменьшается, хлорита и каолинита – остается более постоянным. Ксерофитно-лесные черноземы отличаются более низким содержанием кварца (33–39%). Детальная оценка полученных результатов по показателям выветривания и почвообразования будет дана ниже.

Глинистые минералы формируют фракцию менее $<1 \text{ мкм}$. Содержание фракции в исследуемых почвах находится в пределах 17–36%. В разрезе 7м она распределяется по профилю сравнительно равномерно, в разрезах 8м и 9м ее содержание существенно увеличивается с глубиной, особенно в последнем, что, возможно, имеет геологическую природу. Фракция представлена на 50–70% смектитом, 20–36 – иллитом, 4–9 – хлоритом и на 2–11% – каолинитом (табл. 2). В пересчете на почву те же данные по смектиту составляют 9–25%, иллиту – 4–7, хлориту – 1–3, каолиниту – 1–2%. Содержание смектита и хлорита с глубиной увеличивается, иллита и каолинита – уменьшается, что связано с разрушением смектита и хлорита в верхних горизонтах и относительным накоплением в них иллита и каолинита, поскольку первые два минерала менее устойчивы к выветриванию, чем вторые. Поведение иллита зависит и от других причин, о чём будет сказано ниже. Заслуживает внимания иллит в р. 9м, где его содержание, в отличие от двух других разрезов, к верхним горизонтам снижается. Бурые лесные почвы от ксерофитно-лесных черноземов отличаются более низким содержанием глинистых минералов, поскольку они легче черноземов по гранулометрическому составу. Детальное представление о минералогическом состоянии бурых лесных почв можно получить на основании показателей выветривания и почвообразования, рассчитанных по данным таблиц 1 и 2 (табл. 3).

Таблица 1

Первичные минералы в бурых песчаных почвах, %

Гори- зонт	Глубина, см	Фракция >1 мкм, %	Фракция >1мкм						Почва					
			Кварц	Плагио- клаазы	Калиш- паты	Спло- ды	Хло- рит	Каоли- нит	Кварц	Плагио- клаазы	Калиш- паты	Слю- ды	Хпо- рит	Каоли- нит
Разрез 7м. Хородиште, водораздел, абсолют. выс. 376 м														
Ae _f	0–10	77,1	73,7	8,7	9,2	5,3	1,4	1,7	56,9	6,7	7,1	4,1	1,1	1,3
AEh	10–21	79,6	72,4	8,0	8,9	7,4	1,2	2,0	57,7	6,4	7,1	5,9	1,0	1,6
Behw	21–35	81,0	72,9	8,4	9,2	6,5	1,5	1,5	59,0	6,8	7,5	5,2	1,2	1,2
Bhw	35–50	79,7	72,8	8,2	8,6	7,2	1,7	1,6	58,0	6,6	6,8	5,7	1,3	1,3
BCw	75–101	78,1	67,9	8,3	10,2	9,8	1,5	2,4	53,0	6,5	7,9	7,6	1,1	1,9
Разрез 8м. Пыржоптень, водораздел, абсолют. выс. 371 м														
Ae _f	0–9	80,7	68,9	9,5	8,7	9,4	1,7	1,7	55,6	7,6	7,0	7,6	1,4	1,4
AEh	9–21	83,0	69,9	8,6	8,9	9,1	1,6	1,9	58,0	7,1	7,4	7,6	1,3	1,6
Behw	21–31	79,9	68,5	8,4	8,9	10,2	1,6	2,4	54,8	6,7	7,1	8,2	1,3	1,9
Bhw	35–52	79,5	66,8	8,4	8,8	11,6	2,2	2,2	53,1	6,7	7,0	9,2	1,7	1,8
BCw	78–108	75,6	61,0	9,3	8,6	16,1	2,2	2,8	46,1	7,0	6,5	12,2	1,6	2,1
Разрез 9м. Лозово-Полтавка, водораздел, абсолют. выс. 377 м														
AE _f	0–6	77,7	71,5	8,7	9,0	7,3	2,1	1,4	55,6	6,7	7,0	5,6	1,7	1,1
AEh	6–20	78,7	71,6	7,7	9,1	7,3	2,2	2,0	56,3	6,1	7,1	5,8	1,7	1,6
Behw	20–31	78,6	68,9	8,4	9,1	8,8	2,2	2,5	54,2	6,6	7,1	6,9	1,7	2,0
Bhwg	31–48	67,7	66,3	7,8	8,8	12,1	2,3	2,6	44,9	5,3	6,0	8,2	1,6	1,8
BCwg	60–80	63,8	61,7	8,5	9,2	15,2	2,5	2,8	39,4	5,4	5,9	9,7	1,6	1,8

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 2

Глинистые минералы в бурых лесных почвах, %

Горизонт	Глубина, см	Фракция <1мкм	Фракция <1мкм				Почва		
			Сметкит	Иллит	Хлорит	Каолинит	Сметкит	Иллит	Хлорит
Разрез 7 м. Хородище, водораздел, абсолют. выс. 376 м									
A _e t	0–10	22,9	52,0	31,2	5,7	11,0	11,9	7,1	1,3
AЕh	10–21	20,4	56,9	27,6	7,6	7,9	11,6	5,6	1,5
B _{ehw}	21–35	19,0	56,7	27,3	8,4	7,7	10,8	5,2	1,6
Bhw	35–50	20,3	53,2	31,8	7,2	7,8	10,8	6,4	1,5
BCw	75–101	21,9	62,7	23,9	7,8	5,6	13,7	5,2	1,2
Разрез 8 м. Пыржоптень, водораздел, абсолют. выс. 371 м									
A _e t	0–9	19,3	49,0	36,7	8,5	5,8	9,5	7,1	1,6
AЕh	9–21	17,0	55,9	29,8	9,5	4,8	9,5	5,1	0,8
B _{ehw}	21–31	20,1	57,0	29,4	7,9	5,7	11,4	5,9	1,6
Bhw	35–52	20,5	58,0	27,8	7,0	7,2	11,9	5,7	1,4
BCw	78–108	24,4	71,8	18,3	6,5	3,4	17,5	4,5	1,6
Разрез 9 м. Лозово-Поттавка, водораздел, абсолют. выс. 377 м									
A _e t	0–6	22,3	60,5	23,0	8,4	8,1	13,5	5,1	1,9
AЕh	6–20	21,3	60,4	23,0	9,8	6,9	12,9	4,9	2,1
B _{ehw}	20–31	21,4	63,5	20,6	9,7	6,1	13,6	4,4	2,1
Bhw	31–48	32,3	67,3	21,5	8,5	2,7	21,7	6,9	2,7
BCw	60–80	36,2	69,5	20,4	8,0	2,0	25,2	7,4	2,9
									0,7

Таблица 3

Параметры минералогического состояния силикатной части бурых лесных почв

Горизонт	K1	K2	K3	K4	ПИИС	ПНИС	ПИКС	ПНКС	Пики	ПНКИ
Разрез 7 м. Хородище, водораздел, абсолют. выс. 376 м										
Ae _t	1,12	1,77	1,33	1,03	6,00	2,19	4,78	0,92	7,95	-2,16
AEh	1,17	1,36	1,24	1,17	4,85	1,03	4,97	1,12	10,26	0,15
Behw	1,13	1,55	1,27	1,28	4,81	1,00	5,47	1,61	11,37	1,26
Bhw	1,18	1,40	1,27	1,18	5,97	2,16	5,38	1,52	9,00	-1,11
BCw	1,00	1,00	1,00	1,00	3,82	0,00	3,86	0,00	10,11	0,00
Разрез 8 м. Пыржолтень, водораздел, абсолют. выс. 371 м										
Ae _t	1,11	1,84	1,42	1,52	7,49	4,95	5,87	3,24	7,83	-2,51
AEh	1,17	1,91	1,48	1,81	5,34	2,80	6,10	3,47	11,43	1,09
Behw	1,16	1,67	1,39	1,44	5,17	2,62	4,79	2,16	9,27	-1,07
Bhw	1,14	1,44	1,28	1,37	4,79	2,25	4,47	1,84	9,32	-1,01
BCw	1,00	1,00	1,00	1,00	2,55	0,00	2,63	0,00	10,34	0,00
Разрез 9 м. Лозово-Полтавка, водораздел, абсолют. выс. 377 м										
AE _t	1,17	2,21	1,56	2,29	3,80	0,86	4,11	2,55	10,83	5,51
AEh	1,23	2,06	1,57	2,43	3,80	0,86	4,37	2,81	11,49	6,17
Behw	1,13	1,70	1,38	2,33	3,25	0,31	3,99	2,42	12,29	6,96
Bhwg	1,15	1,30	1,22	1,28	3,19	0,26	2,07	0,51	6,48	1,16
BCwg	1,00	1,00	1,00	1,00	2,94	0,00	1,56	0,00	5,32	0,00

**Среднестатистические параметры минералогического состояния силикатной части
бурых лесных почв и ксерофитно-лесных черноземов**

Таблица 4

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Гори- зонт	K1	K2	K3	K4	ПИС	ПНКС	ПИКС	ПНКИ	ПНКИ
Бурые лесные почвы ($X \pm s, n=3$)									
Ксерофитно-лесные черноземы ($X \pm s, n=3$)									
A _{ef}	1,13±0,03	1,94±0,24	1,44±0,12	1,61±0,64	5,76±1,86	4,92±0,89	8,87±1,70	0,28±4,53	
AEh	1,19±0,03	1,78±0,37	1,43±0,17	1,80±0,63	4,66±0,79	5,15±0,88	11,06±0,69	2,47±3,24	
Behw	1,14±0,02	1,64±0,08	1,35±0,07	1,68±0,57	4,41±1,02	2,66±2,08	4,75±0,74	2,24±1,19	10,98±1,55
Bhw	1,16±0,02	1,38±0,07	1,26±0,03	1,28±0,10	4,65±1,40	3,97±1,71	2,68±1,15	8,27±1,56	-0,32±1,28
BCw	1,00	1,00	1,00	1,00	3,10±0,65		8,59±2,83	0,00	

Примечание. X – среднее, s – стандартное отклонение, п – количество разрезов.

Общей закономерностью для исследуемых почв является увеличение показателей К1–К3 вверх по профилю, что свидетельствует о разрушении полевых шпатов и слоистых силикатов. В отношении полевых шпатов этот процесс интенсивнее всего развивается в горизонте АЕh. Разрушение слоистых силикатов происходит еще более энергично и усиливается вплоть до самого верхнего горизонта АЕh_t, на что указывают величины значений К2. Показатели К1–К3 возрастают от разреза 7м к разрезу 9м, что находится в согласии с увеличением в этой последовательности кислотности почв, а значит, и интенсивности разрушения силикатов. Данное обстоятельство следует подчеркнуть особо как убедительное доказательство кислотного разрушения первичных минералов и свидетельство течения процесса выветривания по типу оподзоливания.

Показатели К4, контролирующие общее состояние глинистых минералов, также увеличиваются к верхним горизонтам и указывают на усиление их разрушения к поверхности почвы. Наиболее высокие значения показателей, как и в случае с первичными минералами, отмечаются в горизонте АЕh. Помимо этого, они увеличиваются от разреза 7м к разрезу 9м, свидетельствуя о нарастании процесса разрушения глинистых минералов в этом направлении, т.е. в направлении, как уже отмечалось, повышения кислотности почв.

Отсутствие аккумуляций глинистых минералов в горизонтах В изученных бурых лесных почв в равной степени исключает как заметные проявления в них оглинивания, так и наличия лессиважа. Это же подтверждается отсутствием в горизонтах В соотношений К3>1 с К4 <1.

Более детально минералогическое состояние глинистой части почв характеризуют другие 6 показателей. ПИИС отражает изменение соотношения по профилю между иллитом и смектитом в иле. Его значения во всех исследуемых разрезах увеличиваются вверх по профилю, что связано с накоплением в верхних горизонтах иллита и снижением содержания смектита. По величинам показателей видно, что интенсивнее этот процесс, казалось бы, протекает в первых двух разрезах (в верхних горизонтах значения 6,00 и 7,49 против 3,80 в последнем). Объяснение исключительно низких значений ПИИС при высокой кислотности в разрезе 9м вызывает затруднение. Возможно, в изменении соотношения между иллитом и смектитом в пользу смектита играет роль повышенный гидроморфизм почвы разреза 9м, вызывающий новообразование смектита и разрушение иллита. Нельзя исключать и влияние геологии породы. Однако эффект накопления иллита в верхней части профиля этой почвы сохраняется. ПНИС подтверждает накопление иллита в иле верхних горизонтов всех трех разрезов, в более выразительной форме демонстрируя проявление этого процесса.

ПИКС контролирует в почвах соотношение кварц/смектит, максимальные значения которого принадлежат горизонту АЕh, указывая на то, что в этом горизонте происходит наиболее интенсивное разрушение смектита. В разрезе 7м такой областью выступает вся средняя часть профиля. ПНКС отражает практически то же самое, но более рельефно. Напряженная ситуация с разрушением смектита и за счет этого с относительным накоплением кварца складывается в верхней и средней части разреза 7м и в верхней части разрезов 8м и 9м. Согласно величине соотношения кварц/иллит, выраженной через ПИКИ и ПНКИ, интенсивное разрушение иллита происходит в разрезе 7м в горизонтах АЕh и Behwt, в разрезе 8м в горизонте АЕh, в разрезе 9м в самых верхних горизонтах

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

по Веhw^t включительно. Причем в последнем разрезе этот процесс получил самое сильное развитие. Следует также отметить, что в горизонте Aeht разрезов 7м и 8м происходит накопление иллита в размерах, опережающих относительное накопление кварца. Наиболее вероятная причина заключается в накоплении, дополнительно к обычному иллиту, иллитоподобной структуры по смектиту в результате необменной фиксации биоциклического калия.

Таким образом, данные таблицы 3 позволяют заключить, что в исследуемых бурых лесных почвах водоразделов на высотах более 370 м имеет место кислотное разложение первичных и глинистых минералов, т.е. проявление по типу оподзоливания. В них отсутствует оглинивание в какой-либо части профиля, а также накопление глинистых минералов в горизонтах В в результате их лессиважа. В условиях современной слабокислой и кислой реакции процессы выветривания развиваются по пути разрушения практически всех минералов и относительного накопления кварца. Среди глинистых минералов разрушению прежде всего подвергаются смектит и хлорит с относительным накоплением в иле иллита и каолинита.

Здесь уместно заметить, что полученные нами данные о характере трансформации минеральной основы почв под воздействием буроземообразования по результатам минералогических исследований вступают в противоречие с высказанными ранее одним из исследователей положениями о наличии в бурых лесных почвах Кодр оглинивания, лессиважа и отсутствии признаков оподзоливания [5, 6]. Его заключения основаны на значительном статистическом материале по содержанию в этих почвах ила и физической глины и заслуживают серьезного отношения. В этой связи заметим, что нами изучены только 3 разреза бурых лесных почв, но они типичны для Кодр как по геоморфологии размещения (водоразделы), так и по гранулометрии (суглинистые). При этом в исследовании применены современные методы количественного минералогического анализа. Поэтому полученные данные также требуют серьезного внимания. В указанных выше работах, на наш взгляд, не получило необходимого освещения геоморфологическое положение, а также достоверность контроля изначальной однородности почвообразующих пород изученных почв.

В таблице 4 приведена сравнительная характеристика среднестатистических параметров минералогического состояния бурых лесных почв и ксерофитно-лесных черноземов. Из нее следует, что абсолютные величины отношений K1–K4 в бурых лесных почвах принципиально выше таковых в ксерофитно-лесных черноземах. Эти данные показывают, что выветривание первичных и глинистых минералов в бурых лесных почвах протекает существенно интенсивнее и профили этих минералов более дифференцированы, чем в ксерофитно-лесных черноземах. В обоих типах почв отсутствуют признаки оглинивания. Вместе с тем ПИИС (соотношение иллит/смектит в иле) в бурых лесных почвах ниже (5,76–3,10), чем в ксерофитно-лесных черноземах (8,76–3,76), что является следствием более широкого соотношения между иллитом и смектитом в первых в сравнении со вторыми. Вероятной причиной может быть более легкий гранулометрический состав первых. Но, как показывают ПНИС (напряженность процесса), степень дифференцированности по профилю этих минералов в бурых лесных почвах ниже (2,66), чем в лесных черноземах (5,00). Это можно объяснить более интенсивным образованием в верхней части профиля лесных черноземов

иллитоподобных структур в связи с фиксацией биогенного калия высокозарядным смектитом. Высокие ПИКС в бурых лесных почвах (5,15–2,68) по отношению к лесным черноземам (2,19–1,38) являются следствием высокого содержания кварца в первых, но более высокий ПНКС в бурых лесных почвах (2,24) в сравнении с лесными черноземами (0,82) указывает на более интенсивное разрушение смектита в первых. Большие значения ПИКИ в бурых лесных почвах опять же отражают повышенное содержание в них кварца, но высокие их значения в горизонтах AEh и BEhwt указывают на более интенсивное разрушение в бурых лесных почвах иллита. Если в ксерофитно-лесных черноземах отрицательное значение ПНКИ свидетельствует об опережающем кварц накоплении в них иллита, то в бурых лесных почвах при неупорядоченности соотношения по профилю этих двух минералов данный показатель интерпретировать труднее.

Таким образом, сравнительный анализ среднестатистических параметров бурых лесных почв и ксерофитно-лесных черноземов показал: (1) выветривание первичных и глинистых минералов в первых протекает существенно интенсивнее, и профиль этих минералов более дифференцирован, чем во вторых; (2) отсутствие в обоих типах почв признаков оглинивания; (3) бурые лесные почвы от лесных черноземов отличает менее развитый в них процесс новообразования иллитоподобных структур в результате фиксации биогенного калия высокозарядным смектитом; (4) наиболее интенсивно выветривание минералов в бурых лесных почвах развивается в горизонтах AEh и BEhwt, которые, вероятно, в этой связи следует рассматривать как предшественников будущих подзолистых горизонтов.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлено, что изученные бурые лесные почвы на водоразделах Кодр Молдовы на высотах более 370 м характеризуются облегченным суглинистым гранулометрическим составом и, как следствие, повышенным в сравнении с ксерофитно-лесными черноземами, содержанием кварца и пониженным содержанием слоистых силикатов и глинистых минералов. Установлено также, что с усилением в бурых лесных почвах оглеения в них снижается pH и увеличивается гидролитическая кислотность. Вероятной причиной роста оглеения является нарастание оглиненности нижней части профиля, возможно, геологической природы, затрудняющей сброс продуктов кислотного разложения за пределы почвенного профиля.

2. По мере роста кислотности почв увеличиваются значения показателей K1–K4, указывающие на усиление интенсивности разрушения полевых шпатов, слоистых силикатов и глинистых минералов. Наличие кислотного разрушения минералов является убедительным свидетельством течения процесса выветривания по типу оподзоливания при участии процессов оглеения.

3. Установлено также, что выветривание минералов в бурых лесных почвах протекает существенно интенсивнее, чем в ксерофитно-лесных черноземах, и не сопровождается оглиниванием горизонтов В как следствие отсутствия в них признаков внутрипочвенного оглинивания, так и проявления по профилю процесса лессиважа.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

4. Заслуживают внимания указания на то, что в бурых лесных почвах в сравнении с лесными черноземами слабее развит процесс новообразования иллитоподобных структур в результате фиксации биогенного калия высокозарядным смектитом, а также то, что наиболее интенсивно выветривание минералов в бурых лесных почвах развивается в горизонтах AEh и BEhwt, которые, вероятно, представляют собой будущие подзолистые горизонты.

5. Руководствуясь полученными результатами исследования и известной классификационной номенклатурой [5], с учетом поставленных в начале сообщения вопросов изученные почвы следует отнести к подтипу бурых лесных оподзоленных разной степени насыщенности основаниями и оглеения. Принимая во внимание отсутствие в этих почвах признаков оглинивания, их, по-видимому, следует рассматривать как нетипичные для буровоземообразования. Проведенные исследования показали работоспособность использованной системы оценки минералогического состояния лесных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 189–199.
2. Алексеев, В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 104–109.
3. Алексеев, В.Е. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургеля // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 873–878.
4. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.
5. Грati, В.П. Лесные почвы Молдавии и их рациональное использование / В.П. Грati. – Кишинев: Штиинца, 1977. – 136 с.
6. Грati, В.П. Природа текстурной дифференциации профиля лесных почв Молдавии / В.П. Грati // Почвоведение. – 1975. – № 8. – С. 15–19.
7. Зайдельман, Ф.Р. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты / Ф.Р. Зайдельман. – М.: КРАСАНД, 2010. – 248 с.
8. Крупеников, И.А. Классификация и систематический список почв Молдавии / И.А. Крупеников, Б.П. Подымов. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 158 с.
9. Почвоведение / под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – М.: Высшая школа, 1988. – Ч. 2. – 373 с.
10. Почвы Молдавии. Генезис, экология, классификация и систематическое описание почв. – Кишинев: Штиинца, 1984. – Т. 1. – 352 с.
11. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
12. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / под ред. В.С. Власова [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.

BROWN FOREST SOILS OF MOLDOVA'S CODRY: FEATURES OF MINERALOGICAL COMPOSITION AND ITS TRANSFORMATION

V.E. Alekseev, V.V. Cherbari, A.N. Burghelya, E.B. Varlamov

Summary

The composition of primary and clay minerals of brown forest soils of Moldova's Codry was studied in comparison with xerophytic forest chernozems of the same ecosystem. Based on indicators of weathering it was found that transformation of silicate base in brown forest soils proceeded more intensively than in the xerophytic forest chernozems. It developed as podzolization involving gleying and was not accompanied by clayization of horizons B in a result of in situ clayization or lessivage process.

Поступила 08.05.14

УДК 631.4:549.905.8

БУРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КОДР МОЛДОВЫ: БАЛАНС МИНЕРАЛОВ

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов

Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо,
г. Кишинев, Молдова

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа продолжает тему изучения преобразований минеральной части бурых лесных почв водоразделов Кодр Молдовы, которой посвящено предыдущее сообщение. Напомним, вопреки тому, что в бурых лесных почвах названного региона материнская порода в «чистом» виде не была представлена, нами в качестве таковой использован горизонт BC, что давало возможность получить дополнительные сведения о генезисе почв, в частности, с помощью балансовых расчетов. Полученные результаты, как следует ожидать, будут занижены в сравнении с фактическими, поскольку, вполне вероятно, в горизонте BC также произошли изменения, связанные с потерей вещества. В то же время расчет баланса минералов позволяет расширить представления об объемах изменений и детализировать преобразования минеральной части почв под воздействием педогенеза дополнительно к представленным ранее. Особенности баланса минералов в бурых лесных почвах проанализированы в сравнении с таковыми по ксерофитно-лесным черноземам той же лесной зоосистемы.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучены 3 разреза бурых лесных почв. Заложены они на водоразделах Кодр близ сел Хородище (разрез 7м , абс. выс. 376 м), Пыржолтень (разрез 8м, абс. выс. 371 м) Каларашского района и близ пересечения Полтавского шоссе с дорогой на Лозово (разрез 9м, абс. выс. 377 м) Страшенского района. Их характеристика приведена в предыдущем сообщении.

Определен состав первичных и глинистых минералов. Первичные минералы исследованы во фракции $>1\text{ мкм}$, глинистые – во фракции $<1\text{ мкм}$. Фракционное разделение образцов проведено по методике [3]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удалялись. Состав первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав первичных и глинистых минералов установлен по рекомендациям [6, 7]. Количественный анализ проведен по методикам [2, 4] с некоторой их детализацией по [1]. Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризуется следующими параметрами (отн. %): кварц – 2,9–3,3; полевые шпаты – 3,8–8,9; слюды – 5–20; хлорит – 15–26; группа смектита – 2,5–3,0; иллит – 2,2–2,6; хлорит (ил) – 12–25; каолинит (ил) – 15–25. Все расчеты произведены на минеральную бескарбонатную части фракций и почвы. Другие детали методики можно найти в предыдущем сообщении.

Осуществлен расчет баланса минералов. Его особенность заключается в том, что проведен он на уровне потерь и прибавок их процентного содержания в генетических горизонтах по отношению к породе или, что то же самое, потеря и прибавок, выраженных в кг/100 кг породы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Баланс первичных минералов в бурых лесных почвах и ксерофитно-лесных черноземах представлен в таблицах 1 и 2 в правой части. В левой и средней частях этих таблиц показаны соответственно исходное содержание первичных минералов в почве и их содержание в горизонтах, приведенное к содержанию кварца в породе.

Баланс первичных минералов бурых лесных почв полностью отрицательный (табл. 1). Потери полевых шпатов (плагиоклазов и калиевых) составили 0,2–1,7 кг/100 кг породы, с глубиной они, как правило, уменьшаются. В некоторых разрезах ксерофитно-лесных черноземов эти показатели даже выше, но там отмечаются и положительные значения, указывающие на проявления неоднородности породы (табл. 2). Наибольшие потери минералов в обоих типах почв связаны со слюдами. В бурых лесных почвах они составили 2–6, в ксерофитно-лесных черноземах – 1–5 кг/100 кг породы, т.е. оказались близкими. Близки потери по хлориту и каолиниту, а также суммарные потери по первичным минералам: в бурых лесных почвах они составили 4,5–10, в ксерофитно-лесных черноземах – 3,3–10 кг/100 кг породы.

С балансом глинистых минералов можно ознакомиться по данным таблиц 3 и 4. Таблицы построены по тому же принципу, что и для первичных минералов. Баланс глинистых минералов в бурых лесных почвах показал, что

наибольшие их потери связаны со смектитом (табл. 3). Они составили 3–16 кг/100 кг породы. Максимальные показатели принадлежат разрезу 9 м. Учитывая, что внешние природные условия образования исследуемых почв принципиально не отличаются, такие резко отличающиеся данные обусловлены или развитыми в этом разрезе процессами оглеения, или геологическим фактором, а именно утяжелением породы на глубине 40–50 см, которое распространяется и на горизонт BCwgk этого разреза. Возможно, первое связано со вторым. В ксерофитно-лесных черноземах потери смектита составили 3–10 кг/100 кг (табл. 4). В отличие от ксерофитно-лесных черноземов, где в верхних горизонтах имеет место значительное накопление иллита (до 3–7 кг/100 кг), в бурых лесных почвах этот показатель составил всего 1,4 кг/100 кг. Это обстоятельство в предыдущем сообщении объяснено более интенсивным формированием в ксерофитно-лесных черноземах иллитоподобных структур по высокозарядному смектиту в результате необменной фиксации биоциклического калия. Формование указанных структур усиливает эффект относительного накопления нормального иллита в верхних горизонтах сравниваемых почв. Наряду с иллитом, в обоих типах почв отмечается небольшое накопление в иле каолинита. Помимо уже названных причин, в накоплении этих минералов может участвовать их физическая диспергация из фракции >1 мкм. Суммарный баланс глинистых минералов в бурых лесных почвах разрезов 7м и 8м отрицательный и составляет 0,6–10 кг/100 кг. Наибольшие их потери приходятся на горизонты AEh и Behwt. Потери в разрезе 9м достигают 21 кг/100 кг. В ксерофитно-лесных черноземах эти же показатели находятся на уровне 2–6 кг/100 кг, что ниже, чем в бурых лесных почвах. Общий отрицательный баланс по первичным и глинистым минералам в бурых лесных почвах составляет в разрезах 7м и 8м 7–20, а в разрезе 9м – до 30 кг/100 кг породы. Те же показатели в ксерофитно-лесных черноземах находятся на уровне 3–12 кг/100 кг породы, т.е. существенно ниже.

Таким образом, в бурых лесных почвах процессы разрушения и выноса первичных и глинистых минералов протекают намного энергичнее, чем в ксерофитно-лесных черноземах, но главным образом за счет глинистых минералов. Объяснить это можно более высокой кислотностью бурых лесных почв, тем, что процессы выветривания в них развиваются по типу оподзоливания и что рост кислотности в большей степени отразился на потерях глинистых минералов, чем первичных. На фоне отсутствия в горизонтах В аккумуляций глинистых минералов нет оснований говорить о заметной роли в формировании исследованных бурых лесных почв процессов внутрипочвенного оглинивания или лессиважа. По данным баланса первичных и глинистых минералов и на основании классификации [5], изученные бурьи лесные почвы следует отнести к подтипу бурых лесных оподзоленных разной степени насыщенности основаниями и оглеения. Учитывая отсутствие в этих почвах признаков оглинивания, их, по-видимому, следует рассматривать как нетипичные для буровоземообразования.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 1

Баланс первичных минералов силикатной части бурых лесных почв

Гори- зонт	Глу- бина, см	Весовой % в почве						Мгп, кг/100 кг породы						Мд, кг/100 кг породы								
		КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Фракция >1 мкм	КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Сумма КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Бпм	
Разрез 7м. Хородище, водораздел, абс. выс. 376 м																						
Ает	0-10	56,9	6,7	7,1	4,1	1,1	1,3	77,1	53,0	6,3	6,6	3,8	1,0	1,2	71,9	0,0	-0,2	-1,3	-3,8	-0,1	-0,7	-6,2
АЕн	10-21	57,7	6,4	7,1	5,9	1,0	1,6	79,6	53,0	5,9	6,5	5,4	0,9	1,5	73,2	0,0	-0,6	-1,4	-2,2	-0,2	-0,4	-4,9
Венв	21-35	59,0	6,8	7,5	5,2	1,2	1,2	81,0	53,0	6,1	6,7	4,7	1,1	1,1	72,7	0,0	-0,4	-1,2	-2,9	-0,1	-0,8	-5,4
Внв	35-50	58,0	6,6	6,8	5,7	1,3	1,3	79,7	53,0	6,0	6,2	5,2	1,2	1,2	72,8	0,0	-0,5	-1,7	-2,4	0,1	-0,7	-5,3
ВСв	75-101	53,0	6,5	7,9	7,6	1,1	1,9	78,1	53,0	6,5	7,9	7,6	1,1	1,9	78,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 8м. Пыржоктень, водораздел, абс. выс. 371 м																						
Ает	0-9	55,6	7,6	7,0	7,6	1,4	1,4	80,7	46,1	6,3	5,8	6,3	1,2	1,2	66,9	0,0	-0,7	-0,7	-5,9	-0,5	-0,9	-8,6
АЕн	9-21	58,0	7,1	7,4	7,6	1,3	1,6	83,0	46,1	5,7	5,9	6,0	1,1	1,3	66,0	0,0	-1,4	-0,6	-6,2	-0,6	-0,8	-9,6
Венв	21-31	54,8	6,7	7,1	8,2	1,3	1,9	79,9	46,1	5,7	6,0	6,9	1,1	1,6	67,3	0,0	-1,4	-0,5	-5,3	-0,6	-0,5	-8,3
Внв	35-52	53,1	6,7	7,0	9,2	1,7	1,8	79,5	46,1	5,8	6,1	8,0	1,5	1,6	69,1	0,0	-1,2	-0,4	-4,2	-0,2	-0,6	-6,5
ВСв	76-108	46,1	7,0	6,5	12,2	1,6	2,1	75,6	46,1	7,0	6,5	12,2	1,6	2,1	75,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 9м. Лозово-Полтавка, водораздел, абс. выс. 377 м																						
АЕт	0-6	55,6	6,7	7,0	5,6	1,7	1,1	77,7	39,4	4,8	5,0	4,0	1,2	0,8	55,0	0,0	-0,7	-0,9	-5,7	-0,4	-1,0	-8,8
АЕн	6-20	56,3	6,1	7,1	5,8	1,7	1,6	78,7	39,4	4,2	5,0	4,0	1,2	1,1	55,0	0,0	-1,2	-0,9	-5,7	-0,4	-0,7	-8,8
Венв	20-31	54,2	6,6	7,1	6,9	1,7	2,0	78,6	39,4	4,8	5,2	5,0	1,3	1,4	57,1	0,0	-0,6	-0,7	-4,7	-0,4	-0,4	-6,7
Внв	31-48	44,9	5,3	6,0	8,2	1,6	1,8	67,7	39,4	4,7	5,2	7,2	1,4	1,5	59,3	0,0	-0,8	-0,7	-2,5	-0,2	-0,2	-4,5
ВСв	60-80	39,4	5,4	5,9	9,7	1,6	1,8	63,8	39,4	5,4	5,9	9,7	1,6	1,8	63,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Примечание к табл. 1-4. Мгп – содержание минерала в горизонте, приведенное к содержанию кварца в породе; Мд – убыль (прибавка) минерала в сравнении с породой; КВ – кварц; П – плагиоклазы; КШ – калиевые полевые шпаты; С – слюды; Х – хлорит; КЛ – каолинит; СМ – смеクトит; И – иллит; Бпм – баланс первичных минералов; Бпм – баланс глиннистых минералов; Бпм – общий баланс минералов.

Таблица 2

Баланс первичных минералов силикатной части ксерофитно-лесных черноземов

Гори- зонт зонта	Глу- бина, см	Весовой % в почве						МгП, кг/100 кг породы						Мд, кг/100 кг породы								
		КВ	П	КШ	С	Х	КЛ	Фракция >1 мкм	КВ	П	КШ	С	Х	КП	Сумма	КВ	П	КШ	С	Х	КП	
Разрез 1м. Верхние Андрюши, увалообразный водораздел, абс. выс. 227 м																						
Aht1	0-10	39,2	9,8	6,0	6,1	2,4	1,7	65,2	34,4	8,6	5,3	5,4	2,1	1,5	57,3	0,0	-1,6	-1,0	-2,8	-0,6	-1,4	-7,4
Ah	25-47	39,3	9,5	5,8	6,6	1,8	2,4	65,4	34,4	8,3	5,1	5,7	1,6	2,1	57,2	0,0	-1,9	-1,2	-2,5	-1,1	-0,8	-7,5
Bhk2	70-85	38,2	10,1	6,2	7,6	2,3	3,0	67,4	34,4	9,1	5,6	6,9	2,1	2,7	60,7	0,0	-1,1	-0,7	-1,3	-0,6	-0,3	-4,0
BCK1	97-110	38,1	10,5	6,4	7,4	2,5	3,0	67,9	34,4	9,5	5,8	6,7	2,3	2,7	61,4	0,0	-0,7	-0,5	-1,5	-0,4	-0,3	-3,3
Ck	160-180	34,4	10,2	6,3	8,2	2,7	3,0	64,7	34,4	10,2	6,3	8,2	2,7	3,0	64,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 2м. Калфа-Гырбовец, увалообразный водораздел, абс. выс. 165 м																						
Aht1	0-10	38,3	7,9	6,3	4,4	1,3	1,3	59,4	34,1	7,0	5,6	3,9	1,2	1,1	53,0	0,0	0,3	0,4	-2,5	-0,7	-1,7	-4,3
Ah	25-46	37,3	7,3	6,2	5,0	1,1	1,8	58,7	34,1	6,7	5,7	4,5	1,0	1,6	53,7	0,0	-0,1	0,5	-1,9	-0,9	-1,2	-3,6
Bh1	64-85	35,4	7,5	5,8	7,5	1,6	2,4	60,2	34,1	7,2	5,6	7,2	1,6	2,3	58,0	0,0	0,5	0,4	0,8	-0,3	-0,6	0,7
Bhk2	100-115	34,5	7,5	5,7	7,0	1,8	2,3	58,9	34,1	7,4	5,7	6,9	1,8	2,3	58,2	0,0	0,6	0,4	0,5	-0,1	-0,6	0,9
Ck	160-180	34,1	6,8	5,2	6,4	1,9	2,9	57,3	34,1	6,8	5,2	6,4	1,9	2,9	57,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 3м. Пугой, увалообразный водораздел, абс. выс. 222 м																						
Aht1	0-10	38,5	6,6	5,2	4,0	0,8	0,9	55,9	33,6	5,8	4,6	3,5	0,7	0,7	48,9	0,0	-1,0	-0,8	-5,4	-1,1	-1,7	-9,9
Ah	25-50	35,5	5,9	4,6	5,3	0,7	1,2	53,1	33,6	5,6	4,3	5,0	0,6	1,1	50,3	0,0	-1,1	-1,1	-3,9	-1,1	-1,3	-8,5
Bhw1	65-85	33,8	6,2	4,8	7,0	1,3	1,7	54,8	33,6	6,2	4,7	6,9	1,3	1,7	54,4	0,0	-0,5	-0,6	-2,0	-0,5	-0,7	-4,4
Bhw2	100-113	35,7	6,4	5,2	7,5	1,5	1,8	58,1	33,6	6,0	4,9	7,0	1,4	1,7	54,7	0,0	-0,7	-0,5	-1,9	-0,4	-0,7	-4,1
Ck	160-180	33,6	6,7	5,4	8,9	1,8	2,4	58,8	33,6	6,7	5,4	8,9	1,8	2,4	58,8	0,0	0	0	8,9	0	0	0,0

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 3

Баланс глинистых и общий баланс минералов силикатной части бурых лесных почв

Гори- зонт	Глу- бина, см	Весовой % в почве						МгП, кг/100 кг породы			Мд, кг/100 кг породы			Баланс минералов					
		СМ	И	X	КЛ	Фракция <1 мкм	СМ	И	X	КЛ	Сумма	СМ	И	X	КП	БГМ	БПМ	БГМ	
Разрез 7м. Хородиште, водораздел, абс. выс. 376 м																			
Ae†	0–10	11,9	7,1	1,3	2,5	22,9	11,1	6,7	1,2	2,4	21,3	-2,6	1,4	-0,5	1,1	-0,6	-6,2	-0,6	-6,8
AEh	10–21	11,6	5,6	1,5	1,6	20,4	10,7	5,2	1,4	1,5	18,7	-3,1	-0,1	0,2	-3,2	-4,9	-3,2	-8,1	
Behw	21–35	10,8	5,2	1,6	1,5	19,0	9,7	4,7	1,4	1,3	17,1	-4,0	-0,6	-0,3	0,1	-4,8	-5,4	-4,8	-10,2
Bhw	35–50	10,8	6,4	1,5	1,6	20,3	9,9	5,9	1,3	1,4	18,5	-3,9	0,6	-0,4	0,2	-3,4	-5,3	-3,4	-8,7
BCw	75–101	13,7	5,2	1,7	1,2	21,9	13,7	5,2	1,7	1,2	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 8м. Пыржолтень, водораздел, абс. выс. 371 м																			
Ae†	0–9	9,5	7,1	1,6	1,1	19,3	7,9	5,9	1,4	0,9	16,0	-9,7	1,4	-0,2	0,1	-8,4	-8,6	-8,4	-17,0
AEh	9–21	9,5	5,1	1,6	0,8	17,0	7,6	4,0	1,3	0,7	13,5	-10,0	-0,4	-0,3	-0,2	-10,9	-9,6	-10,9	-20,5
Behw	21–31	11,4	5,9	1,6	1,2	20,1	9,6	5,0	1,3	1,0	16,9	-7,9	0,5	-0,3	0,1	-7,5	-8,3	-7,5	-15,8
Bhw	35–52	11,9	5,7	1,4	1,5	20,5	10,3	4,9	1,2	1,3	17,8	-7,2	0,5	-0,3	0,5	-6,6	-6,5	-6,6	-13,2
BCw	78–108	17,5	4,5	1,6	0,8	24,4	17,5	4,5	1,6	0,8	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 9м. Лозово-Полтавка, водораздел, абс. выс. 377 м																			
AE†	0–6	13,5	5,1	1,9	1,8	22,3	9,6	3,6	1,3	1,3	15,8	-15,6	-3,8	-1,6	0,6	-20,4	-8,8	-20,4	-29,2
AEh	6–20	12,9	4,9	2,1	1,5	21,3	9,0	3,4	1,5	1,0	14,9	-16,2	-4,0	-1,4	0,3	-21,3	-8,8	-21,3	-30,1
Behw	20–31	13,6	4,4	2,1	1,3	21,4	9,9	3,2	1,5	0,9	15,5	-15,3	-4,2	-1,4	0,2	-20,7	-6,7	-20,7	-27,4
Bhwg	31–48	21,7	6,9	2,7	0,9	32,3	19,0	6,1	2,4	0,8	28,3	-6,1	-1,3	-0,5	0,0	-7,9	-4,5	-7,9	-12,4
BCwg	60–80	25,2	7,4	2,9	0,7	36,2	25,2	7,4	2,9	0,7	36,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Таблица 4

Баланс глинистых и общий баланс минералов силикатной части ксерофитно-лесных черноземов

Гори- зонт	Глу- бина, см	Весовой % в почве						МгП, кг/100 кг породы						Мд, кг/100 кг породы				Баланс минералов			
		СМ	И	X	КЛ	Фракция <1 мкм	СМ	И	X	КЛ	Сумма	СМ	И	X	КЛ	Бгм	Бпм	Бгм	Бо		
Разрез 1м. Верхние Андрюши, увалообразный водораздел, абс. выс. 227 м																					
Ан1	0–10	15,0	13,3	2,6	3,9	34,8	13,2	11,7	2,3	3,4	30,6	-8,1	2,9	-0,8	1,3	-4,7	-7,4	-4,7	-12,1		
Ah	25–47	16,4	11,6	3,0	3,6	34,6	14,3	10,2	2,6	3,1	30,3	-6,9	1,4	-0,4	0,9	-5,0	-7,5	-5,0	-12,5		
Bhk2	70–85	16,7	9,6	2,6	3,7	32,6	15,1	8,7	2,3	3,3	29,4	-6,2	-0,2	-0,7	1,2	-5,9	-4,0	-5,9	-9,9		
BCk1	97–110	16,8	8,5	2,8	4,1	32,1	15,2	7,7	2,5	3,7	29,0	-6,1	-1,2	-0,6	1,5	-6,3	-3,3	-6,3	-9,6		
Ck	160–180	21,3	8,8	3,0	2,2	35,3	21,3	8,8	3,0	2,2	35,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Разрез 2м. Калфа-Гырбовец, увалообразный водораздел, абс. выс. 165 м																					
Ан1	0–10	17,9	15,9	2,1	4,7	40,6	16,0	14,2	1,9	4,2	36,3	-9,7	3,6	-0,1	-0,2	-6,4	-4,3	-6,4	-10,7		
Ah	25–46	19,9	14,5	2,7	4,2	41,3	18,2	13,3	2,5	3,9	37,8	-7,5	2,7	0,6	-0,6	-4,9	-3,6	-4,9	-8,5		
Bh1	64–85	20,9	12,1	2,4	4,4	39,8	20,1	11,6	2,3	4,3	38,3	-5,6	1,0	0,4	-0,2	-4,3	0,7	-4,3	-3,6		
Bhk2	100–115	21,6	13,0	2,4	4,1	41,1	21,3	12,8	2,4	4,0	40,6	-4,4	0,5	0,5	-0,4	-3,9	0,9	-3,9	-3,0		
Ck	160–180	25,7	10,6	1,9	4,4	42,7	25,7	10,6	1,9	4,4	42,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Разрез 3м. Пугой, увалообразный водораздел, абс. выс. 222 м																					
Ан1	0–10	21,0	17,8	1,8	3,5	44,1	18,4	15,6	1,5	3,0	38,5	-10,2	7,1	-0,1	0,6	-2,7	-9,9	-2,7	-12,6		
Ah	25–50	25,5	16,0	2,2	3,2	46,9	24,1	15,2	2,1	3,0	44,4	-4,4	6,6	0,4	0,6	3,2	-8,5	3,2	-5,4		
Bhw1	65–85	25,5	14,5	2,6	2,6	45,2	25,4	14,4	2,6	2,6	44,9	-3,2	5,8	0,9	0,1	3,7	-4,4	3,7	-0,6		
Bhw2	100–113	25,3	11,5	2,1	3,0	41,9	23,8	10,9	1,9	2,8	39,4	-4,7	2,3	0,3	0,3	-1,8	-4,1	-1,8	-5,9		
Ck	160–180	28,5	8,5	1,7	2,4	41,2	28,5	8,5	1,7	2,4	41,2	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0		

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 5

Сравнительная характеристика среднестатистических балансов первичных (Бпм), глинистых (Бгм) и общего баланса (Бо) минералов в бурых лесных почвах и ксерофитно-лесных черноземах (кг/100 кг породы)

Горизонт	Бурые лесные почвы			Ксерофитно-лесные черноземы		
	Бпм	Бгм	Бо	Бпм	Бгм	Бо
Ает, Ах ₁	-7,9	-9,8	-17,7	-7,2	-4,6	-11,8
АЕh, Ah	-7,8	-11,8	-19,6	-6,5	-2,2	-8,7
Behw, B1	-6,8	-11,0	-17,8	-2,6	-2,2	-4,8
Bhw, B2	-6,4	-6,0	-12,4	-2,2	-4,0	-6,2
BCwg, Ск	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Для удобства сравнительной оценки результатов балансовых расчетов в таблице 5 представлены среднестатистические по ним данные. По 3 разрезам бурых лесных почв и 3 разрезам ксерофитно-лесных черноземов среднестатистический баланс показал близкие, но в целом более высокие значения потерь в бурых лесных почвах первичных минералов (6–8 кг/100 кг породы) в сравнении с лесными черноземами (2–7 кг/100 кг породы), в 2–3 раза более высокие потери по глинистым минералам (6–12 кг/100 кг породы в первых против 2–5 кг/100 кг породы во вторых) и соответственно по общему балансу минералов (12–20 против 5–12 кг/100 кг породы). Помимо этого, в таблице показаны горизонты в бурых лесных почвах, в которых наблюдаются максимальные потери минералов. Таковыми явились горизонты АЕh и Behw, как отмечено ранее, вероятные претенденты на то, чтобы стать оподзоленными. В ксерофитно-лесных черноземах наряду с этим отмечены горизонты (B1, B2), в которых, возможно, имеют место проявления неоднородности почвообразующей породы.

ВЫВОДЫ

1. По результатам балансовых расчетов, размеры потерь первичных минералов в бурых лесных почва соизмеримы, но превышают потери тех же минералов в ксерофитно-лесных черноземах и составляют 6–8 кг/100 кг породы. Потери глинистых минералов в бурых лесных почвах принципиально выше (в 2–3 раза) аналогичных потерь в ксерофитно-лесных черноземах и измеряются 6–12 кг/100 кг породы. Общие потери минералов в бурых лесных почвах по профилю составляют 12–20 кг/100 кг породы, с максимальными показателями в горизонтах АЕh и Behw, и вдвое превышают такие же потери в ксерофитно-лесных черноземах.

2. На основании показателей баланса минералов в изученных бурых лесных почвах установлено отсутствие признаков оглинивания, а также признаков переноса глинистых минералов по профилю в ненарушенном состоянии и накопления их в иллювиальных горизонтах, т.е. процесса лессиважа. Трансформация минералогического состава почв идет под воздействием процессов современного кислотного разложения первичных и глинистых минералов с выносом

продуктов разрушения за пределы почвенного профиля, т.е. процессов, протекающих по типу оподзоливания.

3. В соответствии с результатами баланса первичных и глинистых минералов по генетическим горизонтам бурьих лесных почв суглинистого состава на водоразделах Кодр Молдовы и номенклатурой классификации [5], изученные почвы следует отнести к подтипу бурьих лесных оподзоленных разной степени насыщенности основаниями и оглеения. При отсутствии в этих почвах признаков оглинивания, их, по-видимому, следует рассматривать как нетипичные для буроzemообразования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2012 – № 2. – С. 189–199.
2. Алексеев, В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 104–109.
3. Алексеев, В.Е. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургеля // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 873–878.
4. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.
5. Крупеников, И.А. Классификация и систематический список почв Молдавии / И.А. Крупеников, Б.П. Подымов. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 158 с.
6. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
7. Рентгенография основных типов пордообразующих минералов / редкол.: В.С. Власов [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.

BROWN FOREST SOILS OF MOLDOVA'S CODRY: BALANCE OF MINERALS

V.E. Alekseev, V.V. Cherbari, A.N. Burghelya, E.B. Varlamov

Summary

Comparative balance of minerals in brown forest soils of Moldova's Codri and xerophytic forest chernozems showed similar in size losses in both soil types of primary minerals and 2–3-fold increase in the loss of clay minerals in the former. Total losses of silicates in the brown forest soils by the profile are 12–20 kg/100 kg of breed. Weathering of minerals in these soils is influenced by acid decomposition and proceeds as podzolization without signs of lessivage and subsurface clayization of horizons B.

Поступила 08.05.14

УДК 631.4:549.905.8

БУРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КОРД МОЛДОВЫ: ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВЫ КАЛИЯ

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, А.Н. Бургеля, Е.Б. Варламов

*Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н.А. Димо,
г. Кишинев, Молдова*

ВВЕДЕНИЕ

Калий (К) относится к важнейшим элементам питания растений. В то же время известно, что запасы К в природных экосистемах ограничены, а они, в частности, имеют важное значение для производительности и поддержания лесов и требуют изучения [27].

Агрохимики при оценке обеспеченности почвы К обычно руководствуются определением водорастворимого, обменного, необменного и реже валового К [7, 8]. Вместе с тем существуют и другие подходы к оценке резервов К в почве. Исследования в СССР, а также в Европе показали, что большой вклад в обеспечение сельскохозяйственных культур К принадлежит почвенным минералам [2, 20]. Учет этого источника увеличивает возможность оптимизации использования питательных веществ. В этой связи, помимо решения генетических вопросов, изучение бурых лесных почв предполагало оценку их по резервам и доступности растениям заключенного в них К на основании их минералогического состава. К сожалению, нам неизвестны аналогичные по подходу и составу исследования подобных бурых лесных почв других регионов, что исключило возможность провести на их примере сравнительный анализ. Сравнение проведено с ксерофитно-лесными черноземами той же лесной экосистемы, занимающими высоты 140–240 м.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучены 3 разреза бурых лесных почв Кодр Молдовы. Они описаны в предыдущих сообщениях. Определен состав первичных и глинистых минералов. Первичные минералы исследованы во фракции $>1\text{ мкм}$, глинистые – во фракции $<1\text{ мкм}$. Фракционное разделение образцов проведено по методике [4]. Органическое вещество и карбонаты перед фракционированием образцов удалялись. Состав первичных и глинистых минералов изучен методом рентгеновской дифрактометрии. Качественный состав первичных и глинистых минералов установлен по известным рекомендациям [9, 10]. Количественный анализ проведен по методикам [3, 5] с некоторой их детализацией по [1]. Коэффициент вариации результатов анализа, установленный по стандартным калибровочным смесям минералов, в зависимости от содержания минералов в смеси характеризуется следующими параметрами (отн. %): кварц – 2,9–3,3; полевые шпаты – 3,8–8,9; слюды – 5–20; хлорит – 15–26; группа смектита – 2,5–3,0; иллит – 2,2–2,6;

хлорит (ил) – 12–25; каолинит (ил) – 15–25. Все расчеты произведены на минеральную и бескарбонатную части фракций и почвы.

По минералогической концепции Горбунова [6], резервы К в почве подразделяются на непосредственный, ближний и потенциальный. К непосредственному резерву относится обменный К (по Масловой). Во вторую категорию по доступности растениям, ближний резерв, входит К, содержащийся в глинистых минералах. Этот К заключен в таких минералах, как иллит и смектит (точнее, суммарно смектит и смешаннослоистый иллит-смектит с высокой нормой смектитовых пакетов). Наименее доступный или потенциальный резерв К принадлежит грубодисперсным минералам размерности более 0,001 мм. К ним относятся слюды (биотит, мусковит) и калиевые полевые шпаты (ортоклаз, микроклин). По методике Горбунова, расчет резервов К ведется по результатам химического анализа. Определяется валовое содержание К в почве, содержание его в илистой фракции и обменный К. Последний является непосредственным, К ила – ближним резервом. По разнице между суммой непосредственного и ближнего резервов и валовым К устанавливается его потенциальный резерв. Располагая данными по содержанию указанных минералов, резервы К мы рассчитали напрямую по результатам минералогического анализа. В основе расчетов лежат данные по содержанию минералов и содержанию в них К согласно химическим формулам. Пример расчетов представлен в таблице 1.

Исследования [13–14, 17 и др.] показали, что важная роль как источника природного К принадлежит 2:1 глинистым минералам, среди которых указывается иллит, почвенный вермикулит, смешаннослоистый иллит-смектит. Эти данные лежат в русле концепции Горбунова. Установлено также, что растения могут освобождать К из слоев иллита, что сопровождается расширением 1 нм иллитовых слоев до 1,4 нм вермикулитовых слоев (19, 21, 25 и др.). Напротив, иллитизация приводит к сокращению слоев вермикулита с 1,4 нм до 1 нм в результате поглощения ионов К (18, 23 и др.). Некоторые авторы отмечают смектизацию, проявляющуюся в увеличении количества смектитовых слоев в смешаннослоистых иллит-смектитах в результате потери К (26, 28), и иллитизацию в тех же смешаннослоистых иллит-смектитах при поглощении К (22, 24). Предпринимаются попытки количественной оценки участия различных К-содержащих минералов в питании растений [11, 12].

При расчете резервов К по результатам минералогического анализа руководствовались выводами в приведенных выше исследованиях, согласно которым после обменного К (по Масловой, непосредственный резерв) наиболее доступным растениям является К, принадлежащий иллиту и иллит-смектиту (в нашем случае иллиту и иллит-смектиту с высокой нормой смектитовых пакетов, ближний резерв). Наименее доступен К калиевых полевых шпатов и мусковита (потенциальный резерв). В таблице 1 представлен элементный состав верхнего горизонта бурой лесной почвы разреза 7м, рассчитанный по ее минералогическому составу и выраженный в оксидах. Среди них и данные по K_2O . В правой крайней графе таблицы приведены данные по содержанию в почве минералов и составляющих их оксидов. Жирным шрифтом выделены К-содержащие минералы, содержание их в почве и содержание в них K_2O .

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 1

**Элементный состав буровой лесной почвы (разрез 7м, гор. АЕхт,
глубина 0–10 см) по данным минералогического анализа
(весовой процент)**

Минерало- гический состав	H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Содержание минерала/ оксидов
Глубина 0–10 см									
Кварц		56,9							56,9
Плагиоклаз (15% An)		4,3	1,5		0,2			0,6	6,7
Калиевый полевой шпат		4,6	1,3				0,926	0,2	7,1
Мусковит	0,2	1,8	1,6				0,456		4,1
Хлорит (фр. >1 мкм)	0,1	0,3	0,2	0,3		0,2			1,1
Каолинит (фр. >1 мкм)	0,3	0,5	0,5						1,3
Иллит- смектит	1,6	6,2	2,2	1,4	0,2	0,2	0,082		11,9
Иллит	0,6	3,6	1,9	0,4		0,2	0,434		7,1
Хлорит (фр. <1 мкм)	0,1	0,3	0,3	0,3		0,3			1,3
Каолинит (фр. <1 мкм)	0,3	1,1	1,0						2,5
Сумма	3,3	79,8	10,5	2,5	0,4	0,9	1,898	0,8	100,0

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общий резерв К в форме K₂O в исследуемых буровых лесных почвах по разрезам изменяется в пределах 1917–2671 мг/100 г почвы и определяется главным образом динамикой гранулометрического и минералогического составов почв по профилю, т.е. геологическим и почвенно-генетическим факторами (табл. 2). В сравнении с ксерофитно-лесными черноземами (табл. 3) он заметно ниже по размеру, что прежде всего относится к верхней части профиля. В его распределении по профилю наблюдается вполне закономерный характер: от породы к верхним горизонтам его размер уменьшается, чего нельзя сказать о ксерофитно-лесных черноземах. Непосредственный резерв в буровых лесных почвах меньше (7–30 мг/100 г), чем в лесных черноземах (16–74 мг/100 г), что можно объяснить менее активным оборотом биогенного К, но с глубиной он также, как и в лесных черноземах, снижается, но более резко. Ближний резерв,

заключенный в глинистых минералах (иллит, иллит-смектит, смектит), в бурых лесных почвах составляет 360–600 мг/100 г, или 15–25% от общего резерва против 600–1200 мг/100 г, или 25–50% от общего резерва в ксерофитно-лесных черноземах. Причина снижения доли ближнего резерва в общем в бурых лесных почвах связана с их суглинистым, более легким гранулометрическим составом, а значит и с пониженным содержанием глинистых минералов. В разрезах 7м и 8м, как и в лесных черноземах, содержание ближнего резерва вверх по профилю увеличивается, что обусловлено увеличением в этом направлении содержания иллита, продукта главным образом физической диспергации обломочных слюд, а также иллита, образованного по смектиту при фиксации биоциклического К [16]. В разрезе 9м эта закономерность нарушена в результате утяжеления породы вниз по профилю. Различия в распределении ближнего резерва в сравниваемых почвах, по нашему мнению, связаны еще с двумя факторами. В бурых лесных почвах заметно снижение этого резерва в горизонтах AEh и Behw, которые в предыдущих сообщениях рассматривались как в перспективе быть оподзоленными. Помимо этого, в лесных черноземах увеличение ближнего резерва к верхним горизонтам происходит более интенсивно, чем в бурых лесных почвах. Причина, вероятнее всего, в более выраженному в них накоплении иллитоподобных структур, свойственном вообще черноземам, в результате фиксации биогенного К высокозарядным смектитом.

Таблица 2

**Резервы К (K_2O) в бурых лесных почвах
по данным минералогического анализа (мг/100 г)**

Горизонт	Глубина, см	Непосредственный	Ближний	Потенциальный	Общий
Разрез 7м. Хородиште, водораздел, абс. выс. 376 м					
Ae _t	0–10	22	516	1382	1920
AEh	10–21	10	424	1581	2015
Behw	21–35	8	392	1558	1958
Bhwt	35–50	9	468	1524	2001
BCw	75–101	н.о.	415	1882	2297
Разрез 8м. Пыржолтень, водораздел, абс. выс. 371 м					
Ae _t	0–9	29	499	1763	2291
AEh	9–21	10	376	1811	2197
Behw	21–31	9	440	1834	2283
Bhw	35–52	9	430	1940	2379
BCw	76–108	н.о.	469	2202	2671
Разрез 9м. Лозово-Полтавка, водораздел, абс. выс. 377 м					
AE _t	0–6	30	407	1539	1976
AEh	6–20	10	389	1573	1972
Behw	20–31	7	363	1704	2074
Bhwg	31–48	13	574	1688	2275
BCwg	60–80	н.о.	626	1847	2473

Примечание. Н.о. не определялся.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 3

Резервы калия (K_2O) в ксерофитно-лесных черноземах по данным минералогического анализа (мг/100 г)

Гори- зонт	Глубина, см	Непосред- ственный	Близкий	Потен- циальный	Общий
Разрез 1м. Верхние Андрюши, увалообразный водораздел, абс. выс. 227 м					
Ад	0–10	33	916	1460	2409
А	25–47	16	822	1490	2328
Bk	70–85	н.о.	702	1653	2355
ВСк	97–110	н.о.	635	1657	2292
Ck	160–180	н.о.	685	1733	2418
Разрез 2м. Калфа-Гырбовец, увалообразный водораздел, абс. выс. 165 м					
Ад	0–10	46	1095	1311	2452
Ah	25–46	18	1024	1364	2406
B1	64–85	н.о.	884	1590	2474
B2к	100–115	н.о.	944	1521	2465
Ск	160–180	н.о.	825	1389	2214
Разрез 3м. Пугой, увалообразный водораздел, абс. выс. 222 м					
Ад	0–10	74	1233	1123	2430
А	25–50	19	1154	1189	2362
B1	65–85	н.о.	1062	1404	2466
B2	100–113	н.о.	877	1512	2389
Ск	160–180	н.о.	716	1693	2409

Примечание. Н.о. не определялся.

Потенциальный резерв К в бурых лесных почвах заключен в калиевых полевых шпатах и слюдах. В отличие от близкого резерва, потенциальный, напротив, увеличивается с глубиной, т.е. он под воздействием процессов выветривания и почвообразования разрушается в верхних горизонтах, переходя в близкий резерв. Его размер в исследуемых почвах близок к таковому в ксерофитно-лесных черноземах, находится в пределах 1300–1800 мг/100 г и в 3–4 раза превышает близкий резерв. В ксерофитно-лесных черноземах это превышение в лучшем случае 2-кратное. Отсутствие в данных бурых лесных почвах, как показано в предыдущих сообщениях, проявлений оглинивания и лессиважа не позволило оценить влияние этих процессов на их резервы калия.

Таким образом, изученные бурые лесные почвы характеризуются в самых верхних горизонтах более низким, чем в ксерофитно-лесных черноземах непосредственным резервом (обменным) К. Содержание близкого резерва, заключенного в глинистых минералах, в этих почвах также увеличивается к верхней части профиля. Напротив, потенциальный резерв, связанный с первичными минералами, возрастает в направлении породы и по размеру в несколько раз превышает близкий резерв К. Закономерности распределения резервов К

по профилю в бурых лесных почвах и ксерофитно-лесных черноземах, как видим, имеют общие элементы и отличия.

ВЫВОДЫ

Исследованные бурые лесные почвы водоразделов Кодр характеризуются высоким общим резервом природного К (1917–2671 мг/100г), несколько ниже, но соизмеримым с общим резервом К в ксерофитно-лесных черноземах. Особенность структуры резервов К в этих почвах заключается в том, что при аналогичном изменении содержания по глубине, что и в ксерофитно-лесных черноземах, непосредственный и ближний резервы в них существенно меньше по размеру. В сравнении с ксерофитно-лесными черноземами в них относительно высока доля потенциального резерва, представленного грубодисперсными слюдами и калиевыми полевыми шпатами, и выше степень дифференцированности в распределении резервов по профилю как следствие более легкого гранулометрического состава и других их генетических особенностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 189–199.
2. Алексеев, В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241 с.
3. Алексеев, В.Е. Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 1994. – № 1. – С. 104–109.
4. Алексеев, В.Е. Методика супердисперсного фракционирования почв и пород при их минералогическом анализе / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу, А.Н. Бургеля // Почвоведение. – 1996. – № 7. – С. 873–878.
5. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.
6. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 294 с.
7. Дурынина, Е.П. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений / Е.П. Дурынина, В.С. Егоров. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 113 с.
8. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
9. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
10. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / редкол.: В.С. Власов [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.
11. Assessing potassium reserves in northern temperate grassland soils: A perspective based on quantitative mineralogical analysis and aqua-regia extractable potassium / Y. Andrist-Rangel [et al.] // Geoderma. – 2010. – Vol. 58. – P. 303–314.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

12. Andrist-Rangel, Y. Mineralogical budgeting of potassium in soil: a basis for understanding standard measures of reserve potassium / Y. Andrist-Rangel // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. – 2006. – Vol. 169. – P. 605–615.
13. Arkcoll, D.B. Traces of 2:1 layer silicate clays in oxisols from Brazil and their significance for potassium nutrition / D.B. Arkcoll, K.B.T. Goulding, J.C. Hughes. – Traces Journal of Soil Science. – 1985. – Vol. 36. – P. 123–128.
14. Arnold, P.W. Nature and mode of weathering of soil-potassium reserves / P.W. Arnold // J. Sci. Food Agric. – 1960. – Vol. 11. – P. 285–292.
15. Which 2:1 clay minerals are involved in the potassium reservoirs? Insights from potassium addition or removal experiments on three temperate grassland clay assemblages / P. Barre [et al.] // Geoderma. – 2008. – Vol. 146. – P. 216–223.
16. Barre, P. Dynamic role of “illite-like” clay minerals in temperate soils: facts and hypothesis / P. Barre // Biogeochemistry. – 2007. – Vol. 82. – P. 77–88.
17. Hinsinger, P. Encyclopedia of Soil Science / P. Hinsinger. – New York, 2002.
18. Hinsinger, P. Root-induced release of interlayer K and vermiculitization of phlogopite as related to K depletion in the rhizosphere of ryegrass / P. Hinsinger, B. Jaillard // Journal of Soil Science. – 1993. – Vol. 44. – P. 525–534.
19. Hinsinger, P. Rapid weathering of a trioctahedral mica by the roots of ryegrass / P. Hinsinger, B. Jaillard, E.D. Dufey // Soil Science Society of American Journal. – 1992. – Vol. 56. – P. 977–982.
20. Application of the PROFILE model to estimate potassium release from mineral weathering in Northern European agricultural soils / J. Holmqvist [et al.] // European Journal of Agronomy. – 2003. – Vol. 20. – P. 149–163.
21. Mojallali, M. Weathering of micas by mycorrhizal soybean plants / M. Mojallali, S.B. Weed // Soil Science Society of American Journal. – 1978. – Vol. 42. – P. 367–372.
22. Soil mineralogy evolution in the INRA 42 plots experiment (Versailles, France) / A. Pernes-Debuysen [et al.] // Clays and Clay Minerals. – 2003. – Vol. 51. – P. 577–584.
23. Transformation of vermiculite to pedogenic mica by fixation of potassium and ammonium in a 6-year field manure application experiment / G.J. Ross, P.A. Phillips, J.L.R. Culley // Transformation Canadian Journal of Soil Scienc. – 1985. – Vol. 65. – P. 599–603.
24. Potassium release and fixation as a function of fertilizer application rate and soil parent material / M. Simonsson [et al.] // Geoderma. – 2007. – Vol. 140. – P. 188–198.
25. The mineralogy and potassium supplying power of some loessial and related soils of New Zealand / A. Surapaneni [et al.] // Geoderma. – 2002. – Vol. 110. – P. 191–204.
26. Effect of potassium removal by crops on transformation of illitic clay minerals / H. Tributh [et al.] // Soil Science. – 1987. – Vol. 143. – P. 404–409.
27. Patterns in K dynamics in forest ecosystems / C.E. Tripler [et al.] // Ecology Letters. – 2006. – Vol. 9. – P. 451–466.
28. Velde, B. Clay mineral changes in the Morrow Experimental Plots, University of Illinois / B. Velde, T. Peck // Clays and Clay Minerals. – 2002. – Vol. 50. – P. 364–370.

BROWN FOREST SOILS OF MOLDOVA'S CODRY: NATURAL RESERVES OF POTASSIUM

V.E. Alekseev, V.V. Cherbari, A.N. Burghelya, E.B. Varlamov

Summary

Brown forest soils of watersheds of Moldova's Codry are characterized by high total reserve of natural K (1917–2671 mg/100 g) which is less, but comparable with the total reserve of K in the xerophytic forest chernozems. A feature of structure of the reserves of K in these soils is that immediate and near reserves in them are significantly smaller by size than in the xerophytic forest chernozems. They have relatively high proportion of potential reserve represented by coarse mica and potassium feldspars, and have higher degree of differentiation in the distribution of reserves by the profile as a consequence of lighter texture and their other genetic characteristics.

Поступила 08.05.14

УДК 631.433.5

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ЭМИССИЮ CO₂ ИЗ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

О.П. Сябрук, Н.Н. Мирошниченко, А.В. Доценко

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,
г. Харьков, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Земледельческая деятельность значительно влияет на баланс и динамику органического углерода почв, в особенности черноземного ряда. В связи с этим любые долговременные изменения в практике сельскохозяйственного производства могут привести к увеличению или уменьшению запасов углерода в почве, которые постепенно накапливаются в течение нескольких лет или десятилетий, не выявляясь традиционными химико-аналитическими методами контроля. Как известно, ошибка определения органического углерода по методу И.В. Тюрина составляет 10–20%, что значительно усложняет интерпретацию данных агрохимической паспортизации земель сельскохозяйственного назначения. Поэтому мониторинговые наблюдения за динамикой содержания гумуса в почве целесообразно дополнять балансовыми расчетами и оценкой прямых потерь углерода на эмиссию CO₂. Такой комплексный подход позволяет выявлять неблагоприятную тенденцию на ранних этапах и своевременно вносить изменения в земледельческую практику.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Одной из основных составных частей агрогенного влияния на баланс углерода в почве по праву считается система удобрения. Кроме прямого привнесения углерода с удобрениями, необходимо учитывать и дополнительно получаемое количество растительных остатков, а также стимулирование микробиологической активности почвы. К сожалению, последние два десятилетия в земледелии Украины наблюдается отрицательный баланс углерода, вызванный резким сокращением поголовья КРС и, соответственно, количеством вносимых органических удобрений. По данным агрохимической паспортизации, за период с 1991–1995 гг. по 2001–2005 гг. среднее содержание гумуса в почвах Украины снизилось с 3,28% до 3,15% [1].

Органические удобрения имеют особое значение для поддержания плодородия почвы в связи с тем, что они являются необходимым компонентом формирования ее гумусного состояния, а также регулятором микробиологических процессов. Как правило, применение различных органических и минеральных удобрений повышает общую численность микроорганизмов, увеличивая активность выделения CO_2 [2–4]. С одной стороны, усиление микробиологической деятельности повышает интенсивность биологического круговорота веществ, что имеет положительное значение. С другой стороны, при этом неизбежно увеличиваются эмиссионные потери углерода, что нежелательно, поскольку сельское хозяйство является одним из основных источников поступления парниковых газов в атмосферу. Согласно последним исследованиям, при использовании различных систем удобрения изменяется и интенсивность разложения органического вещества почвы, а следовательно, и газообмена.

Измерения эмиссионных потерь углерода значительно усложняются вследствие довольно сильного влияния сопутствующих погодных условий и сезонно-циклического характера большинства биологических процессов в почве. Поэтому для более глубокого изучения влияния удобрений на баланс органического углерода в почве нами была поставлена цель – установить особенности интенсивности выделения CO_2 с учетом сезонной динамики и оценить размер годовых эмиссионных потерь.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наблюдения проводили на Слобожанском опытном поле ННЦ ИПА на протяжении вегетационного периода. Почва – чернозем типичный среднегумусный тяжелосуглинистый на лесовых породах. В пахотном слое почвы содержится: гумуса по методу Тюрина – 5,6–5,8%, общего азота – 0,30–0,34%, валового фосфора – 0,19%, валового калия – 2,2%, подвижного фосфора по методу Чирикова – 80–100 мг/кг почвы, подвижного калия по методу Чирикова – 90–110 мг/кг почвы.

Опыт был заложен в 1991 г. Опыт проводится на трех полях, для исследования динамики продуцирования CO_2 из почвы выбрано третье поле. К началу наблюдений весной 2011 г. было внесено всего $\text{N}_{1020}\text{P}_{940}\text{K}_{810}$ и 200 т/га навоза. Четедование культур в севообороте: пар, озимая пшеница, сахарная свекла, вико-овес, озимая пшеница, кукуруза на силос, ячмень с люцерной, люцерна, озимая пшеница, кукуруза на силос, подсолнечник. Органические удобрения вносили под подсолнечник – 30 т/га, сахарную свеклу – 40 т/га, кукурузу на силос – 30 т/га.

Эмиссию CO_2 исследовали под кукурузой на таких вариантах опыта: 1) контроль (без удобрений); 2) $\text{N}_{1020}\text{P}_{940}\text{K}_{810}$; 3) навоз 200 т/га; 4) навоз 200 т/га + $\text{N}_{1020}\text{P}_{940}\text{K}_{810}$.

Для исследования динамики эмиссии CO_2 из почвы использовали три методики: полевой метод определения эмиссии CO_2 по Карпачевскому [5]; интенсивность дыхания почвы в стандартизованных условиях окружающей среды по Макарову [6]; потенциал гетеротрофного дыхания и потенциального потока биологически доступного углерода по методу субстрат-стимулированного дыхания [7–8]. Определение лабильного органического вещества проводили по ДСТУ 4289 и ДСТУ 4732 [9–10]. Фракционный состав гумуса – по ускоренному методу определения состава гумуса минеральных почв Кононовой-Бельчиковой [11].

Одновременно с исследованиями динамики выделения углекислого газа из почвы проводили измерения сопутствующих погодных условий (табл. 1).

Таблица 1
Погодные условия за время проведения исследования

Период наблюдений	Среднесуточная t , $^{\circ}\text{C}$		Количество осадков, мм	
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
Апрель	9,0	13,9	27,4	8,1
Май	17,6	19,6	53,0	42,0
Июнь	20,8	20,9	80,4	66,0
Июль	23,9	23,8	55,4	39,1
Август	20,8	21,7	27,4	98,2
Сентябрь	15,1	16,7	14,8	15,8

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выделение углекислого газа с поверхности почвы является суммарным показателем, результирующим биологическую деятельность микроорганизмов и растений. Количество CO_2 , поступающего из почвы, определяется как биологическими факторами (темпом роста и развития растений, активностью микроорганизмов, корневым дыханием), так и погодными условиями. В связи с этим, эмиссия CO_2 с поверхности почвы имеет довольно четкую суточную и сезонную динамику. Результаты наблюдений, проведенных в различное время дня на протяжении вегетационного периода 2011 г. (31.05; 30.06; 25.07; 16.08; 28.09) и 2012 г. (30.04; 13.05; 14.06; 25.07; 19.08; 23.09), показывают, что диапазон колебаний интенсивности выделения CO_2 с поверхности составляет $\pm 15\%$, причем снижение активности может наблюдаться как в полуденные, так и в послеполуденные часы (рис. 1). Следовательно, для повышения точности и правильности оценки объемов эмиссии необходимо проводить замеры выделения CO_2 несколько раз в течении дня с последующим усреднением их результатов. Использование

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

этого методического приема позволяет более объективно сравнивать между собой влияние различных систем удобрения на эмиссию.

Наблюдения показали, что колебания эмиссионной активности на протяжении вегетационного периода являются намного более значимыми и связаны прежде всего с изменением водного и температурного режима почвы (рис. 2). Наименьшее выделение углекислого газа наблюдалось при высокой влажности и низкой температуре, а также наоборот – при низкой влажности и высокой температуре. Данные, полученные в весенний период, существенно выше, чем в засушливое время года, когда влага в течение дня не меняется, а температура воздуха и почвы возрастает на +10 °С. Это в свою очередь демонстрирует прямо пропорциональную зависимость динамики почвенного дыхания от температуры поверхности почвы, ее увлажнения и разницы дневных температур приземных слоев атмосферы. Наибольший всплеск эмиссионной активности наблюдался после обильных летних дождей ливневого характера, которыми изобиловало окончание вегетационного периода в 2012 г. Аналогичные наблюдения сделаны также N. Uzun, R. Uyanoz [12].

В целом, результаты исследований иллюстрируют незначительную разницу между интенсивностью выделения CO₂ почвой при различных системах удобрения, с преобладающим влиянием органо-минеральной системы, данные по которой во все дни наблюдений были наиболее высокими. Значения показателя дыхания неудобренной почвы были самые низкие в начале вегетации, а при минеральной системе – в конце вегетации. Такая специфика закономерна, поскольку весной продуцирование почвой CO₂ более всего зависит от количества корневых и пожнивных остатков. Внесение минеральных удобрений, как известно, интенсифицирует процессы минерализации органического вещества, что и сказывается по мере снижения содержания лабильной его части. Выделение CO₂ почвой в первую очередь зависит от количества доступной микробиологической деструкции органического вещества и условий его разложения. Накопление запасов лабильной фракции гумуса является предпосылкой повышения потенциального плодородия почвы и продуктивности севооборотов, некомпенсированная минерализация этих веществ приводит к постепенному истощению почв.

Как следует из данных таблицы 2, в пахотном слое чернозема наблюдаются существенные различия по количеству лабильного органического вещества между всеми испытываемыми системами удобрения. Поскольку известно, что именно эта составляющая почвенного органического вещества наиболее доступна микробиологической деструкции, можно ожидать меньшую интенсивность дыхания почвы на контроле и при минеральной системе. Схожая, но менее выраженная тенденция наблюдается и по общему гумусу и его фракциям.

Для проверки предположения, что вследствие обеднения легкодоступным для минерализации органическим веществом почва приобретает различную потенциальную способность к продуцированию CO₂, в лабораторных условиях определяли интенсивность выделения углекислоты по методу Б.Н. Макарова. Все образцы приводили к одной температуре, влажности и плотности, т.е. нивелировали возможное влияние этих факторов, которое неустранимо при наблюдениях в полевых условиях.

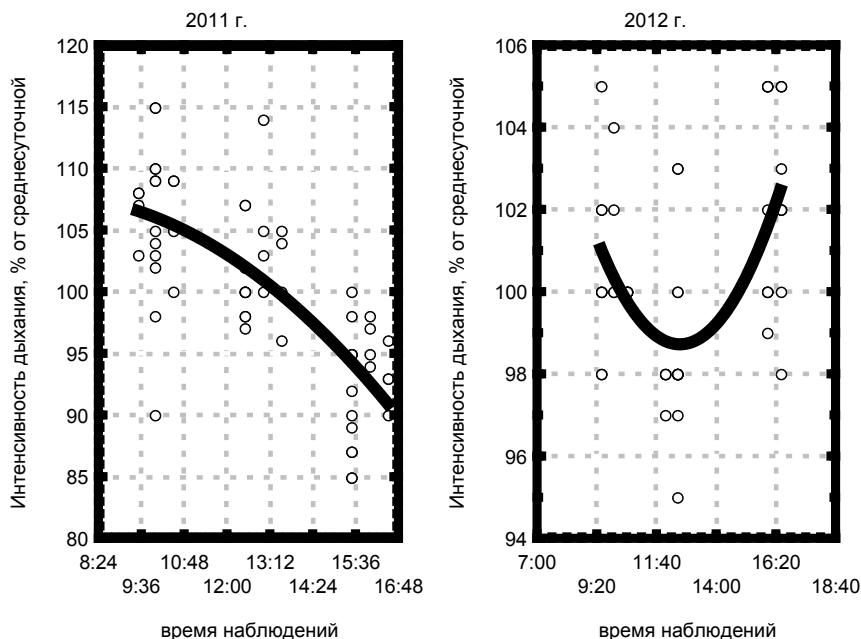


Рис. 1. Динамика изменения интенсивности дыхания чернозема в течении дня

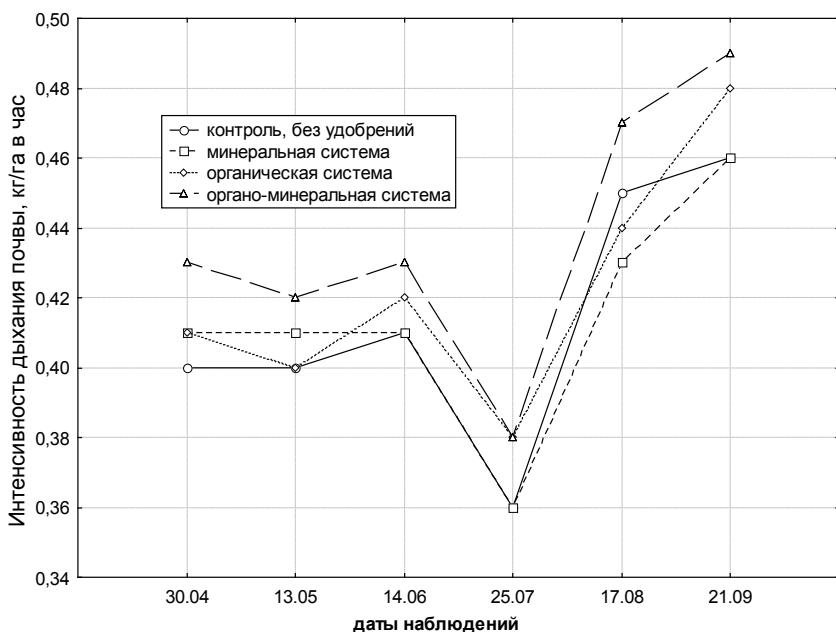


Рис. 2. Интенсивность дыхания почвы при разных системах удобрения на протяжении вегетационного периода 2012 г.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 2

Влияние систем удобрения на групповой состав органического вещества почвы

Система удобрения	Массовая доля С, %			
	лабильного органического вещества	органического вещества почвы	фракций гумуса по Кононовой-Бельчиковой	
			гуминовых кислот	фульвокислот
Контроль (без удобрений)	0,07	2,56	0,71	0,30
Минеральная	0,11	2,68	0,78	0,30
Органическая	0,14	2,98	0,85	0,33
Органо-минеральная	0,17	2,88	0,88	0,33
HCP ₀₅	0,02	0,73	0,05	0,04

Таблица 3

Количество CO₂ в почве в зависимости от систем удобрения при стандартизованных условиях среды

Система удобрения	Дыхание почвы, мг/г в сутки		
	25.05.2012	17.08.2012	21.09.2012
Контроль (без удобрений)	0,24	0,45	0,21
Минеральная	0,19	0,48	0,21
Органическая	0,20	0,49	0,22
Органо-минеральная	0,28	0,51	0,23
Точность, %	4,0	2,2	5,2
HCP ₀₅	0,03	0,02	0,04

Результаты измерений подтвердили, что в весенний период потенциальная способность почвы к продуцированию CO₂ при длительном применении минеральной и органической системы удобрения снижается, а при органо-минеральной – увеличивается по сравнению с контролем (без удобрений). Это происходит за счет роста скорости минерализации органического вещества в почве при применении минеральной системы удобрения и по причине довольно короткого отклика почвенного дыхания на действие органических удобрений. Обращает на себя внимание значительное повышение интенсивности выделения CO₂ из образцов почвы на различных системах удобрения, отобранных в августе 2012 г. Можно сделать вывод, что для оценки потенциальной способности

почвы к продуцированию CO_2 по методу Макарова оптимальным временем отбора проб является летний период, а действие различных систем удобрения на дыхание почвы изменяется на протяжении вегетации.

Условия увлажнения являются главным фактором, контролирующим активность почвенных микроорганизмов. Установлено, что микробиологическая активность повторно увлажненной почвы зависит не столько от ее влажности в момент измерения, сколько от режимов увлажнения-высушивания почвы и продолжительности периодов, предшествовавших ее повторному увлажнению. После зимнего периода большая часть органического вещества подвергается механическому воздействию замораживания, становится более доступной для микроорганизмов, что несвойственно в осенний период. Значительно повышается микробная биомасса в теплый весенний период, когда при возникновении листьев интенсифицируется процесс фотосинтеза [13].

Доступность органического вещества минерализации определяется также скоростью реакции микроорганизмов на улучшение трофического режима. Для описания кинетики процессов почвенного дыхания В. Врановой и др. [7] были предложены два основных показателя: потенциал гетеротрофного дыхания P_{co_2} и потенциальный поток биологически доступного углерода PFC . P_{co_2} характеризует степень приближения трофических условий к наиболее благоприятным для гетеротрофных микроорганизмов, PFC – совместный отклик дыхания почвы на оптимизацию и водного, и трофического режима.

Согласно полученным результатам (табл. 4), мы наблюдаем высокие значения потенциального потока биологически доступного углерода в весенний период, что объясняется вспышкой микробиологической активности после оттаивания почвы. В летние месяцы происходит некоторое снижение обоих показателей, что может быть обусловлено более высокими дневными температурами и низкой почвенной влажностью. Осенняя тенденция более выражена – потенциальный поток биологически доступного углерода снижается практически втрое. Учитывая, что потенциал гетеротрофного дыхания в этот период существенно не изменяется, такой эффект может быть следствием постепенного затухания всех микробиологических процессов почвы.

Таблица 4

**Потенциал гетеротрофного дыхания почвы (P_{co_2}) и
потенциальный поток биологически доступного углерода (PFC)
при разных системах удобрения (данные за 2012 г.)**

Система удобрения	Весна		Лето		Осень	
	P_{co_2}	PFC	P_{co_2}	PFC	P_{co_2}	PFC
Контроль (без удобрений)	0,91	12,3	0,75	11,5	0,79	3,7
Минеральная	0,78	11,9	0,70	10,8	0,80	4,0
Органическая	0,90	13,7	0,73	11,2	0,81	3,9
Органо-минеральная	0,92	14,2	0,72	12,4	0,86	4,3

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Известно, что диоксид углерода атмосферы примерно на 90% имеет почвенное происхождение [14]. Поскольку среди потоков CO₂, поступающих в атмосферу, эмиссия с поверхности почв является одной из самых мощных, незначительные нарушения почвенного дыхания в глобальном масштабе могут привести к серьезным изменениям концентрации CO₂ в атмосфере [15]. С помощью полученных за вегетационный период данных мы смогли оценить потери углерода за счет общего дыхания почвы (табл. 5). Для этого использовали расчетный метод, основанный на разнице между средними высотами показателя интенсивности дыхания почвы за каждый исследуемый месяц, приняв за ноль те месяцы, когда процессы дыхания почвы затухают (холодное время года).

Таблица 5

Потери углерода из чернозема типичного при различных системах удобрения за вегетационный период 2012 г., кг/га

Система удобрения	Потери углерода, кг/га за год
Контроль (без удобрения)	482,5
Минеральная	492,0
Органическая	501,7
Органо-минеральная	520,8

Таблица 6

Баланс гумуса в почве при различных системах удобрения за период 1993–2011 гг., т/га

Система удобрения	Поступление новообразованного гумуса				Потери гумуса вследствие минерализации	Баланс гумуса	
	за счет корневых остатков	за счет поверхностных остатков	за счет органических удобрений	Всего		в целом	за год
Контроль (без удобрений)	13,77	5,78	0,00	19,55	25,75	-6,20	-0,33
Минеральная	15,53	6,45	0,00	21,98	25,75	-3,78	-0,20
Органическая	15,24	6,25	10,80	32,29	25,75	+6,53	+0,34
Органо-минеральная	16,01	6,59	10,80	33,40	25,75	+7,64	+0,40

Как видно из приведенных данных, эмиссия углекислого газа из почвы при органо-минеральной системе удобрения выше, чем при других системах. Очевидно, что увеличение потерь углерода является следствием улучшенного питательного режима почвы, большего количества органического материала, который привносится непосредственно с органическими удобрениями, а также образуется за счет увеличения урожайности культур. Поэтому для объективной оценки влияния систем удобрения на круговорот углерода в агробиоценозе необходимо сопоставлять размеры эмиссионных потерь с приходными статьями баланса. Используя методику [16], такие расчеты были проведены, и их результаты (табл. 6) в целом совпадают как с итоговым содержанием в почве гумуса и его лабильных форм, так и с приведенными выше эмиссионными потерями углерода. Некоторые расхождения между балансовой и эмиссионной оценкой можно отнести на счет влияния культур, выращиваемых в 2011–2012 гг.

ВЫВОДЫ

1. Количество CO_2 , поступающего из почвы, определяется как биологическими факторами (активностью микроорганизмов, корневым дыханием), так и погодными условиями. В связи с этим эмиссия CO_2 с поверхности почвы имеет довольно четкую суточную и сезонную динамику. В течении дня колебания интенсивности выделения CO_2 составляли 15%.

2. Колебания эмиссионной активности почвы на протяжении вегетационного периода более значимы, чем дневные, и связаны прежде всего с изменением водного и температурного режима почвы. Наибольший всплеск выделения CO_2 наблюдается после обильных летних дождей ливневого характера.

3. Наибольшая интенсивность выделения CO_2 из чернозема типичного наблюдалась при органо-минеральной системе удобрения. В весенний период потенциальная способность почвы к продуцированию CO_2 наибольшая, особенно при органо-минеральной системе, а к осени – имеет тенденцию к снижению. По результатам ежемесячного мониторинга выделения CO_2 с поверхности почвы, эмиссионные потери углерода в 2012 г. составляют не менее чем 480–520 кг/га.

4. Для объективной оценки размеров эмиссионных потерь CO_2 из почвы их необходимо сопоставлять с приходными статьями баланса углерода. Органо-минеральная система удобрения способствует увеличению как эмиссии, так и накопления углерода в почве, что связано с более интенсивным круговоротом этого элемента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. – К.: ТОВ «ВІК-ПРИНТ», 2010. – 111 с.
2. Матвійчук, Б.В. Динаміка біологічного стану ґрунту у короткоротаційних сівозмінах Полісся / Б.В. Матвійчук // Вісник ЖНАЕУ. – 2008. – С. 23–27.
3. Оценка биологического состояния южного чернозема под разными севооборотами/Ю.М. Возняковская[идр.]//Почвоведение.–№9.–1996.–С. 1107–1111.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

4. Фунзе, Н.И. Интенсивность выделения диоксида углерода из чернозема карбонатного при внесении удобрений / Н.И. Фунзе // Агрохимия. – № 2. – 2007. – С. 43–48.
5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
6. Макаров, Б.М. Упрощенный метод определения дыхания почвы / Б.М. Макаров // Почвоведение. – 1957. – № 9. – С. 119–122.
7. Исследование динамики микробного дыхания из гумусного горизонта почв горных лугов и лесов Моравско-Силезских бескид / В. Вранова [и др.] // Почвоведение. – № 1. – 2004. – С. 71–74.
8. Якість ґрунту. Визначення ґрунтової мікробної біомаси: ДСТУ ISO 14240–1–2003. – Ч. 1. Метод субстрат-стимульованого дихання (ISO 14240–1:1997, IDT).
9. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. – Чинний з 2005–07–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с.
10. Якість ґрунту. Методи визначення доступної (лабільної) органічної речовини: ДСТУ 4732:2007. – Чинний з 2008–01–01. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 12 с.
11. Кононова, М.М. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв / М.М. Кононова, Н.П. Бельчикова // Почвоведение. – 1961. – №10.
12. Uzun, N. Determination of Urease Catalase Activities and CO₂ Respiration in Different Soils Obtained From in Semi Arid Region Konya, Turkey / N. Uzun, R. Uyanöz // Trends Soil Science Plant Nutrition Journal. – 2011. – № 2(1). – Р. 1–6.
13. Авксентьев, А.А. Влияние сезонного фактора на эмиссию парниковых газов в естественном агроландшафте / А.А. Авксентьев, Т.А. Девятова, Л.Е. Дулов // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы межрегион. науч.-практ. конф. молодых ученых, Воронеж, 2009. – Ч. 2. – С. 100–104.
14. Добровольский, Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах / Г.В. Добровольский, Е. Никитин. – М.: Наука, 1990. – 261 с.
15. Малханова, Е.В. Эмиссия диоксида углерода мерзлотными почвами юга Витимского плоскогорья: автореф. дис. ...канд. биол. наук / Е.В. Малханова. – Улан-Удэ, 2007. – 19 с.
16. Балюк, С.А. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління / С.А. Балюк, В.О. Греков, М.В. Лісовий. – Харків: Міська друкарня, 2011. – 30 с.

INFLUENCE OF FERTILIZATION SYSTEMS ON CO₂ EMISSIONS FROM CHERNOZEM TYPICAL

O.P. Syabruk, N.N. Miroshnychenko, A.V. Dotsenko

Summary

The article is devoted to influence of fertilization systems on emission of carbon dioxide from chernozem typical. Fertilizer systems are a significant factor that

affects CO₂ emission from the soil. Organic fertilizers have a special importance for the maintenance of soil quality in connection with that they are a necessary component of the forming and maintaining its status of humus, as well as control of micro-biological processes. The aim of investigation was to determine the characteristics of the intensity of CO₂ emissions in the application of different fertilizer systems considering the seasonal dynamics, and estimates the annual loss of emission soil carbon. The observations showed that fluctuations in the emission activity during the vegetation period were more significant, and it is associated with changes in temperature and soil moisture. Overall, the investigations are showing the difference between the intensity of CO₂ emissions under different systems of soil fertilizer, with the predominant influence of organo-mineral system.

Поступила 09.03.14

УДК 631.433.3: 631.442

ДИНАМИКА ВЫДЕЛЕНИЯ СО₂ В ПОСЕВАХ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ И ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Н.А. Шилова

ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемии, Россия

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость оценки эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв связана с важнейшей ролью, которую играют почвы в их образовании, особенно – N₂O и CO₂. В наземных экосистемах примерно 25–40% CO₂ имеет почвенное происхождение [1].

Оценка эмиссии CO₂ из почв имеет важное значение для характеристики циклов углерода в биосфере. По интенсивности выделения CO₂ можно судить о направленности изменения содержания органического вещества в почвах, соотношении процессов минерализации и гумификации органического вещества, биологической активности почвы.

Цель исследований – провести оценку динамики выделения CO₂ из дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от выращиваемой культуры, системы применения удобрений, характера использования почвы, а также из разных типов почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на опытном поле ВНИИОУ Владимирской области в длительном стационарном полевом опыте в следующих вариантах:

1. Контроль (без удобрений);
2. Навоз 20 т/га;

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

3. Навоз 10 т/га + N₅₀P₂₅K₆₀;

4. N₁₀₀P₅₀K₁₂₀.

Дополнительно изучали эмиссию CO₂ в динамике на бессменном чистом пару, на 10-летней залежи, в посевах однолетнего люпина на дерново-подзолистой супесчаной почве, а также на разных типах почв: дерново-подзолистой, торфянисто-подзолистой, торфяно-глеевой с естественным растительным покровом в смешанном лесу. Определение CO₂ проводилось по методу И.Н. Шаркова [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивность продуцирования углекислого газа варьировала в зависимости от удобренности и изменений гидротермического режима почвы, интенсивности биологических и биохимических процессов в почве (рис. 1). В данном процессе решающая роль принадлежит биологическим факторам. Жизнедеятельность микроорганизмов в почве связана с окислением органического углерода до CO₂. Количество продуцированного CO₂ зависит от количества микроорганизмов и интенсивности их обмена веществ. Поэтому изменения в интенсивности выделения CO₂ дают представление о деятельности микрофлоры, характеризуют активность биологических процессов в почве. Эмиссия CO₂ – один из показателей биологической активности почвы, чем плодороднее почва, тем выше на ней урожай, тем интенсивнее ее дыхание [3, 4, 5].

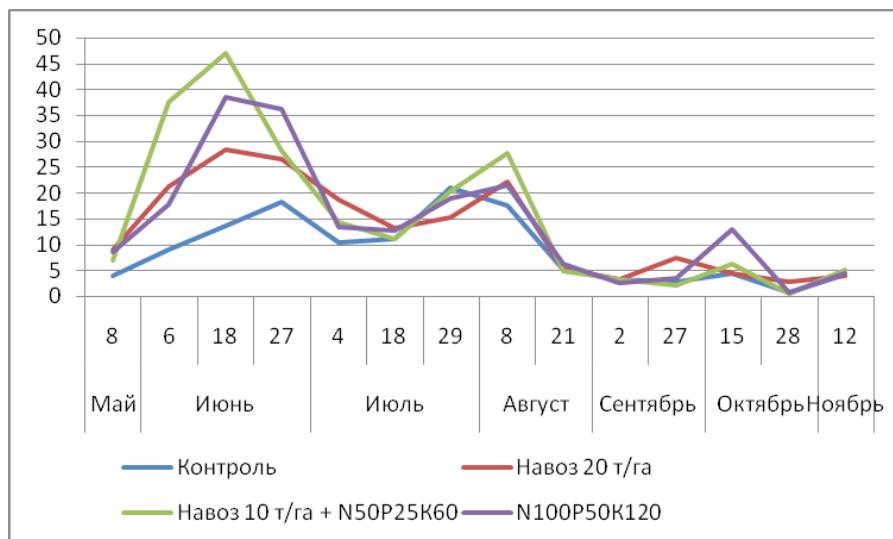


Рис. 1. Выделение C–CO₂ в период наблюдений в посевах ячменя, кг/га

С весны идет увеличение биологической активности почвы и эмиссии углекислого газа в посевах ячменя, достигая максимального пика 18 июня в период интенсивного нарастания надземной массы и корневой системы при влажности почвы 11,7–12,8% и температуре в пределах 21,0–22,9 °C. К началу июля, когда влажность почвы снизилась до 7,5%, а температура возросла до 27,3 °C

произошел спад эмиссии CO_2 , так как сложились неблагоприятные условия по влажности почвы для почвенной фауны. Далее 8 августа произошел пик активности в эмиссии CO_2 , когда влажность почвы возросла до 11,3–13,4%, а температура почвы сохранялась на уровне 18,8–19,6 °C, но значительно ниже – в 1,3–1,8 раза по сравнению с июньским продуцированием CO_2 . В 2013 году относительно теплая погода держалась до конца ноября, процессы продуцирования CO_2 продолжались, но значительно в меньших количествах. На эмиссию CO_2 оказывали влияние внесенные удобрения – навоз в дозе 20 т/га и минеральные удобрения, которые увеличивали продуцирование CO_2 в 1,5–1,6 раза, органоминеральное удобрение – в 1,8 раза по сравнению с неудобренной почвой. На площадках без растений отмечалась аналогичная картина, но в меньших количествах (рис. 2) [6, 7].

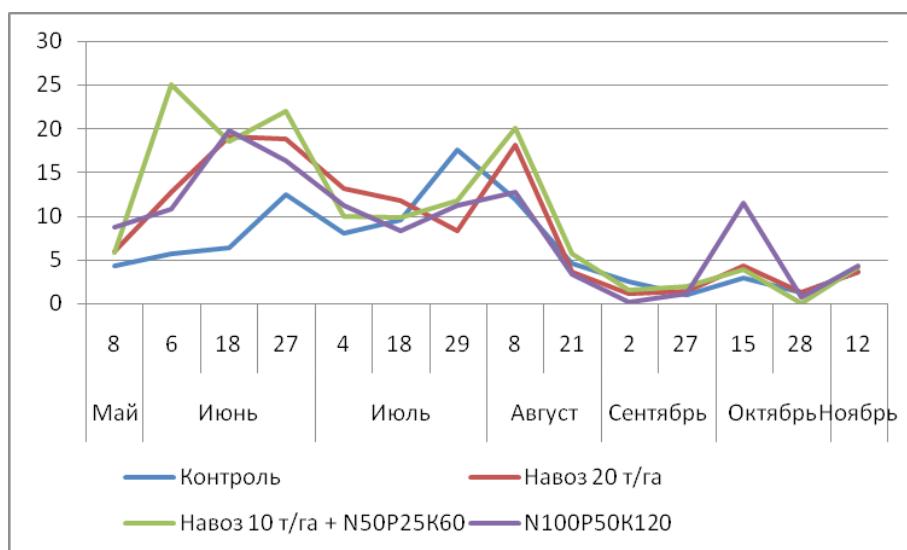


Рис. 2. Выделение $\text{C}-\text{CO}_2$ в период наблюдений в посевах ячменя (без растений), кг/га

В целом за период наблюдений продуцирование CO_2 нарастало с весны, достигая максимальных значений летом, и снижалось к осени (табл. 1). За счет дыхания корневых систем ячменя продуцирование CO_2 составило 424 кг/га на почве без удобрений и в 1,9–2,3 раза больше на почвах, удобренных органическими, органоминеральными и минеральными удобрениями.

Динамика выделения углекислого газа в агроценозах картофеля показала, что колебания влажности и температуры почвы повлекли за собой изменения в продуцировании CO_2 . Основной вклад в процесс выделения CO_2 вносили органические удобрения (рис. 3). Интенсивное продуцирование углекислого газа зафиксировано 18 июня, примерно на одном уровне на всех удобренных почвах при влажности 11,6–13,4% и температурном режиме 20,6–21,7 °C, так как при создавшихся условиях в почве активизировались микробиологические процессы по разложению внесенного под картофель подстилочного навоза. В продуцировании

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

углекислого газа преобладала почва, удобренная органическими удобрениями (табл. 2) – в 1,7 раза больше по сравнению с неудобренной почвой.

Таблица 1

Эмиссия С–CO₂ в посевах ячменя, кг/га

Вариант	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Итого май-ноябрь
С растениями								
Контроль	186	365	431	345	99	97	31	1554
Навоз 20 т/га	427	699	503	371	157	144	40	2341
Навоз 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	585	1026	491	447	91	118	34	2792
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	376	827	500	388	113	222	33	2461
Без растений								
Контроль	150	222	347	261	56	64	30	1130
Навоз 20 т/га	267	465	372	271	47	88	30	1540
Навоз 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	410	578	353	329	58	75	25	1828
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	298	445	323	219	38	183	31	1537

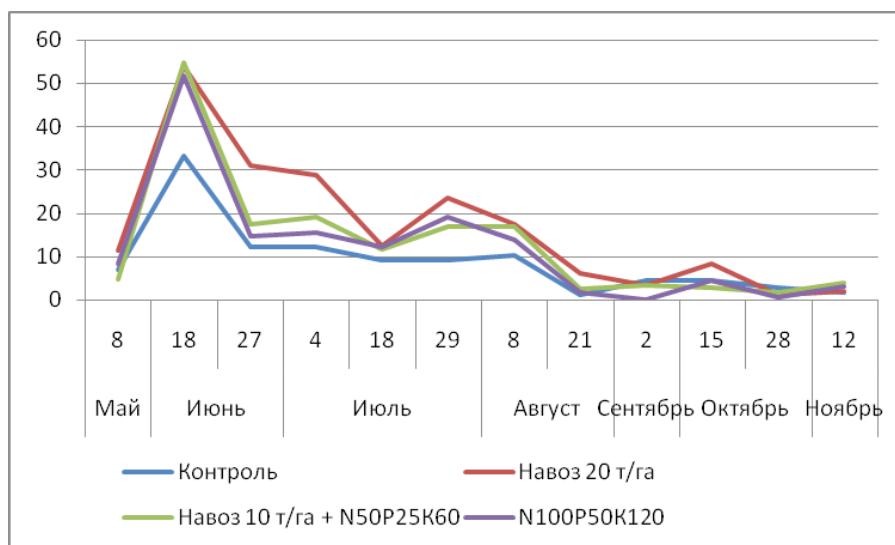


Рис. 3. Выделение С–CO₂ в посадках картофеля, кг/га

Таблица 2

Потоки выделения С–СО₂ в посадках картофеля, кг/га

Вариант	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Итого май-ноябрь
С растениями								
Контроль	530	594	319	181	129	121	28	1902
Навоз 20 т/га	860	1055	644	362	98	151	20	3190
Навоз 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	750	907	482	296	102	87	34	2658
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	780	870	462	242	26	70	21	2471
Без растений								
Контроль	186	157	171	131	30	54	12	741
Навоз 20 т/га	546	720	587	325	82	138	14	2412
Навоз 10 т/га + N ₅₀ P ₂₅ K ₆₀	460	570	359	143	93	68	14	1707
N ₁₀₀ P ₅₀ K ₁₂₀	102	186	248	147	11	47	14	755

За счет дыхания корневых систем картофеля в среднем выделялось 1151 кг/га углекислого газа.

В залежи под многолетней естественной травяной растительностью продуцирование углекислого газа было примерно одинаковым в мае, июне, июле и августе. Далее при увеличении влажности почвы более 20% и снижении температурного режима до 7–5 °С резко сократилась и эмиссия СО₂. Без растительности эмиссия С–СО₂ была на 45% ниже в целом за сезон (табл. 3). За счет дыхания корневых систем многолетнего разнотравья выделялось 955 кг/га С–СО₂.

Характерной особенностью бессменного чистого пара в этом году являлось продуцирование углекислого газа на одном уровне в период с мая по октябрь и резкий спад эмиссии С–СО₂ в ноябре при изменившихся параметрах возрастающей влажности и низкой температуре почвы.

Наши исследования позволили установить эмиссию С–СО₂ различными типами почв в зависимости от интенсивности биологических процессов, роста надземной и корневой массы растений, гидротермических условий (табл. 4).

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 3

Эмиссия С–СО₂ в залежи, пару, люпине, кг/га

Использование пашни	Наличие растительного покрова	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Итого май-ноябрь
Залежь	с растениями	368	481	476	440	165	159	30	2119
	без растений	253	244	297	250	41	74	5	1164
Чистый пар		184	166	242	170	167	166	25	1120
Однолетний люпин	с растениями	731	615	648	550	179	190	49	2962
	без растений	269	277	322	400	131	151	41	1591

Таблица 4

Эмиссия С–СО₂ на разных типах почв, кг/га

Тип почвы	Наличие растительного покрова	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Итого июнь-ноябрь
Дерново-подзолистая	с растениями	321	393	504	312	283	116	1929
	без растений	250	247	451	209	197	99	1453
Торфянисто-подзолистая	с растениями	421	373	463	282	220	94	1853
	без растений	327	286	402	198	145	86	1444
Торфяно-глеевая	с растениями	504	372	308	188	200	87	1659
	без растений	186	172	280	122	116	53	929

По интенсивности продуцирования С–СО₂ дерново-подзолистая и торфянисто-подзолистая почвы близки по показателям, причем как с растительным покровом, так и без него. На торфяно-глеевой почве продуцирование С–СО₂ ниже на 270 кг/га в целом за период наблюдений по сравнению с дерново-подзолистой почвой. В течение сезона эмиссия С–СО₂ варьировала в зависимости от изменения гидротермических условий.

Сравнение различных культур и способов использования пашни в условиях одного года показало, что наибольшая эмиссия С–СО₂ отмечалась в посевах однолетнего люпина (рис. 4). В целом за период наблюдений продуцирование С–СО₂ в чистом пару в 2,6, ячмене – в 1,9, картофеле – в 1,6, залежи – в 1,4 раза ниже по сравнению с посевом однолетнего люпина. Основное различие между культурами связано с их особенностями, развитием надземной массы и дыханием корневых систем.

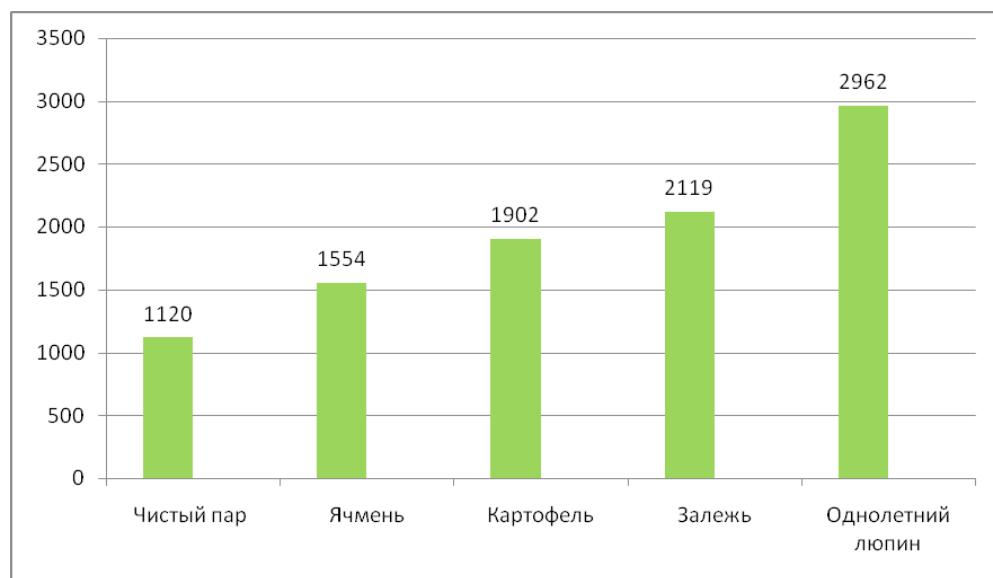


Рис. 4. Эмиссия С–CO₂ под разными культурами в 2013 г., кг/га

Многолетние исследования показали, что продуцирование углекислого газа одной и той же культурой в разные годы варьирует в зависимости от гидротермических условий, колебания между минимальным и максимальным выделением С–CO₂ составляет по ячменю 111–467 кг/га С–CO₂, люпину – 429–1356 кг/га, пару – 141–1033 кг/га, озимой пшенице – 792–1259 кг/га, картофелю – 521–883 кг/га, залежи – 521–2321 кг/га (табл. 5).

В среднем по многолетним данным, наибольшее количество продуцированного С–CO₂ отмечалось в залежи, где почва богата свежими растительными остатками и где интенсивно идет их минерализация. Высокие значения эмиссии С–CO₂ также отмечены в посевах однолетнего люпина. Далее по интенсивности выделения С–CO₂ идут злаковые культуры – озимая пшеница и ячмень, затем – картофель и меньше всего эмиссия С–CO₂ наблюдалась в бессменном чистом пару.

Внесение подстилочного навоза усиливает эмиссию С–CO₂ в посевах ячменя в 1,4, люпина – в 1,2, озимой пшеницы – в 1,6, картофеля – в 1,7 раза по сравнению с контролем в среднем за три года. Органоминеральное удобрение действует аналогично навозу, увеличивая эмиссию С–CO₂ в посевах ячменя, люпина, озимой пшеницы – в 1,3, картофеля – в 1,5 раза; минеральное удобрение по всем культурам увеличивало эмиссию С–CO₂ на 20%.

Продуцирование С–CO₂ за два года исследований (2012–2013 гг.) на дерново-подзолистой, торфянисто-подзолистой почвах в естественных условиях примерно на одном уровне, а на торфяно-глеевой почве наблюдалось существенное снижение эмиссии в связи с другими условиями увлажнения и температурного режима (табл. 6).

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица 5

Эмиссия С–СО₂ под разными культурами в разные годы (без удобрений), кг/га

Культура	2006 г. май-ноябрь	2007 г. апрель-октябрь	2008 г. апрель-октябрь	2009 г. май-октябрь	2010 г. апрель-октябрь	2011 г. май-октябрь	2012 г. май-октябрь	2013 г. май-ноябрь	Среднее
Ячмень	1665	—	—	—	2021	—	2000	1554	1810
Люпин	1946	2375	—	—	—	3302	2618	2962	2641
Пар	823	1769	1856	1109	1689	964	1036	1120	1296
Озимая пшеница	—	2067	2534	—	—	—	1275	—	1959
Картофель	—	—	—	1540	—	—	1019	1902	1487
Залежь	—	—	3919	2534	3531	2867	1598	2119	2761

Таблица 6

Продуцирование С–СО₂ на разных типах почв с естественным травостоем и без него, кг/га

Тип почвы	Наличие растительного покрова	2012 г.	2013 г.	Среднее
Дерново-подзолистая	с растениями	1897	1929	1913
	без растений	1557	1453	1505
Торфянисто-подзолистая	с растениями	1860	1853	1857
	без растений	1277	1444	1361
Торфяно-глеевая	с растениями	1491	1659	1575
	без растений	802	929	866

Дыхание корневых систем естественного травостоя на дерново-подзолистой и торфянисто-подзолистой почвах близки по количеству выделившегося С–СО₂ – 408 и 496 кг/га, а на торфяно-глеевой количества выделившегося С–СО₂ больше в 1,7 раза по сравнению с дерново-подзолистой и в 1,4 раза по сравнению с торфянисто-подзолистой почвой, то есть на этой почве, повышенно увлажненной, процессы разложения органического вещества без растений замедлены.

ВЫВОДЫ

1. Продуцирование углекислого газа (в посевах разных культур и одной и той же культуры в разные годы различно) зависит от особенностей сельскохозяйственной культуры, гидротермических условий и удобренности почвы.

2. Внесение удобрений усиливает эмиссию С–СО₂ под разными культурами в 1,2–1,7 раза (так как возрастает количество микроорганизмов и интенсивность их обмена, происходят процессы минерализации и гумификации органического вещества в почве, идет нарастание наземной массы и корневой системы).

3. Эмиссия С–СО₂ в посевах культур нарастала с весны, достигая максимального значения летом, и постепенно снижалась к осени и варьировалась при изменении гидротермических условий.

4. Продуцирование С–СО₂ на дерново-подзолистой, торфянисто-подзолистой почвах с естественным сообществом в смешанном лесу примерно одинаковое и значительно ниже в торфяно-глеевой почве, отличающейся пониженной температурой (1–2 °С) и избыточной влажностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудеяров, В.Н. Потоки и пулы углерода в наземных экосистемах России / В.Н. Кудеяров [и др.]. – М.: Наука, 2007. – 315 с.
2. Шарков, И.Н. Определение интенсивности продуцирования СО₂ почвой абсорбционным методом / И.Н. Шарков // Почвоведение. – 1984. – № 7. – 136 с.
3. Макаров, Б.Н. Газовый режим почвы / Б.Н. Макаров. – М.: Агропромиздат, 1988. – 103 с.
4. Курганова, И.Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России: автореф. дис. ...д-ра биолог. наук: 03.00.16 / И.Н. Курганова. – М., 2010. – 50 с.
5. Павлик, С.В. Оценка эмиссии парниковых газов из сельскохозяйственных почв при использовании различных агротехнологий: автореф. дис.: 06.01.03 Агрофизика / С.В. Павлик. – СПб., 2012. – 26 с.
6. Шилова, Н.А. Оценка динамики продуцирования СО₂ при длительном применении органической, органоминеральной и минеральной систем удобрений в разных агроценозах и на разных типах почв с естественным травостоем / Н.А. Шилова // Системы использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии: сб. тр. Всеросс. научн.-практ. конференции. – Владимир: ГНУ ВНИИОУ Россельхозакадемии, 2013. – Т. 1. – С. 238–248.
7. Эмиссия закиси азота и углекислого газа из сельскохозяйственных дерново-подзолистых супесчаных почв Владимирской области при внесении органических и минеральных удобрений / Е.Я. Рижия [и др.] // Сб. тр. – Владимир: ГНУ ВНИПТИОУ. – 2009. – С. 80–83.

DYNAMICS OF ALLOCATION CO₂ IN CROPS OF FIELD CULTURES ON SOD-PODZOLIC AND PEAT SOILS

N.A. Shilova

Summary

Dynamics of allocation C–CO₂ on sod-podzolic soil in pure fallow, in a deposit and in crops of field cultures at entering organic, mineral and organic-mineral fertilizers is studied. Also studying of issue C–CO₂ is spent on different types of soils with a natural vegetative cover: on sod-podzolic, peat-podzolic, peat-gley soils in the mixed wood with a cover of plants and without it.

It is established, that carbonic gas production in crops of different cultures depends on features of the culture, hydrothermal conditions of growth and soils fertility. Fertilizers application strengthens issue C–CO₂ under different cultures from 1,2 to 1,7 times. The sizes of issue depended on change of hydrothermal conditions – increased in the spring, reached a maximum in the summer, decreased to since autumn.

In supervision from May till November at the expense of breath of root systems in crops of a potato and annual lupine, in a deposit 45–46% C–CO₂, in sod-podzolic soil – 25%, peat– podzolic – 22%, peat–gley to soil – 44% are on the average produced.

Поступила 20.02.14

УДК 631.417.2

БАЛАНС ГУМУСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ДЕФЛЯЦИОННООПАСНОМ РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ)

С.Г. Черный¹, А.В. Волошенюк²

¹Николаевский национальный аграрный университет, г. Николаев, Украина

²Асканийская государственная сельскохозяйственная опытная станция ИОЗ НААНУ, Украина

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время (особенно с переходом на рыночную экономику) основными критериями, которые определяют для производителей сельскохозяйственной продукции эффективность и возможность применения той или иной технологии земледелия, являются урожайность основной продукции или чистая прибыль, а также другие показатели экономической эффективности. Определенным недостаткам этих показателей является то, что они основаны только на

денежной оценке эффективности технологий, а не учитывают природо- и (особенно) почвоохраный контекст.

Следует отметить, что гумусовое состояние черноземов является важным признаком их плодородия. Величина его содержания в почве определяет макро- и микроструктуру, емкость поглощения, буферность, водные и физические свойства. Гумус – основной источник некоторых элементов питания: в нем содержится 98% общего азота почвы и 50% фосфора [1]. Следовательно, сохранение гумуса и его восстановление является одной из главных задач современного земледелия в черноземной зоне.

По данным ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского» НААН Украины, в результате нерационального землепользования в настоящее время ежегодно пахотные земли Украины только с эрозией теряют до 500 млн т верхнего слоя почвы, с ним – 24 млн т гумуса. Вместе с дегумификацией ежегодные потери гумуса в украинской степи составляют 0,5–0,6 т/га, а в целом по Украине – 0,6–0,7 т/га [1]. Расчеты баланса гумуса свидетельствуют, что для полного возмещения его потерь от минерализации и эрозии при современной структуре посевных площадей необходимо ежегодное внесение 8,8 т/га органических удобрений в Степи [1]. Кроме внесения компенсирующего количества органических удобрений, рациональных севооборотов с бобовыми культурами и сидератами, также важной стабилизирующей процедурой является система обработки почвы без оборота пласта [2]. Эта технология не только минимизирует потери гумуса в условиях интенсивного земледелия, что связано со значительным противоэрэзионным эффектом растительных остатков на поверхности почвы, но и увеличивает его содержание в пахотном слое. Причиной этого является уменьшение ежегодной минерализации органического вещества почвы, что связано с заделкой в верхний слой растительных остатков с широким диапазоном соотношения C:N, а также рост ферментативной активности почвы, которая стимулирует гумификацию.

Новым этапом минимизации обработки почвы является распространение в Степи Украины технологии No-till, которая предусматривает посев в необработанную почву, когда с поверхности почвы пожнивные остатки не убираются, а борьбу с сорняками проводят путем правильного подбора культур в севооборотах и квалифицированного применения средств защиты растений. Отмечается значительный почвозащитный эффект этой технологии, который связан, по оценкам разных специалистов [2, 3], с наличием на поверхности почвы большого количества растительных остатков («мульчи»), которые защищают ее от экстремального поверхностного стока при выпадении ливневых осадков либо при снеготаянии, а также при сильных ветрах.

Цель исследований заключается в установлении влияния технологии поверхностной обработки почвы на общий баланс гумуса, а также на основные его составляющие, в частности, на потери органического вещества с процессами дефляции (ветровой эрозии). Это связано с тем, что значительная часть Степи Украины – это дефляционноопасный регион, в котором потери почвы от дефляции, а следовательно, и гумуса являются существенной составляющей гумусового баланса.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение влияния различных способов поверхностной обработки почв на баланс гумуса проводилось на среднесуглинистых черноземах южных Асканийской государственной сельскохозяйственной опытной станции Института орошаемого земледелия Национальной академии аграрных наук Украины (с. Тавричанка, Каховский район, Херсонская область, Украина) в рамках стационарного полевого опыта. Погодные условия исследуемого периода даны в таблице 1.

Исследования проводились в четырех полях, каждое из которых обрабатывалось по трем различным технологиям: традиционной, минимальной (поверхностная обработка почвы или Mini-till) и No-till (так называемый «прямой посев» или «нулевая технология»).

Таблица 1
Метеорологические условия в годы проведения опыта

Показатели	Год	Месяц											
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Среднесуточная температура, °C	2011	-2,6	-3,5	2,2	9,1	15,8	21,6	25,1	22,3	18,3	9,7	1,3	3,6
	2012	-1,4	-7,1	2,3	13,1	20,1	23,2	26,2	23,9	18,8	14,6	6,6	-0,5
	2013	0,2	2,3	3,4	9,8	15,8	21,6	25,1	22,3	18,3	9,7	1,3	0,1
Влажность воздуха, %	2011	88,3	70,3	67,3	65,0	70,7	61,7	58,3	57,3	58,7	71,3	72,7	87,7
	2012	86,7	80,7	73,3	67,3	64,7	57,7	49,3	54,0	61,7	72,7	82,7	85,3
	2013	91,7	83,0	73,3	65,0	70,7	61,7	58,3	57,3	58,7	71,3	72,7	81,3
Сумма осадков, мм	2011	32,0	7,6	9,2	40,5	26,3	48,4	6,4	21,4	13,4	14,5	2,5	18,1
	2012	33,4	6,9	27,1	21,4	55,4	30,5	22,4	55,4	1,8	13,4	8,5	21,1
	2013	32,4	18,9	29,9	40,5	26,3	48,4	6,4	21,4	13,4	14,5	2,5	2,1

Севооборот четырехпольный: горох → озимая (яровая) пшеница → сорго → горчица. Данный севооборот был заложен осенью 2010 г. на основе первых трех культур (горчица была добавлена в севооборот с целью введения культуры со стержневой корневой системой).

При применении технологии No-till не предусматривалось механического нарушения структуры почвы, кроме посева, который проводился сеялкой Great Plains CPN 2000, с междурядьями 19 см на посевах озимой пшеницы и гороха, 38 см – при выращивании сорго. Горчица высевалась сеялкой прямого посева «Клен 6» с междурядьем 12,5 см. Внесение минеральных удобрений проводили вместе с посевом. Для борьбы с многолетними сорняками вносились гербициды сплошного действия (перед посевом и после уборки урожая).

В варианте с минимальной обработкой почвы на опытных участках проводилось лущение стерни предшественника на глубину 6–8 см. В день посева осуществляли предпосевную культивацию на глубину обработки почвы (6–8 см). После посева почву прикатывали кольчачно-шпоровыми катками. В варианте с сорго в фазе 6–8 настоящих листьев проводили междурядную культивацию.

В качестве контроля применялась традиционная для данных культур основная обработка почвы. В варианте с горчицей использовали безотвальную обработку на глубину 20–22 см. Для гороха проводили вспашку с оборотом пласта на глубину 20–22 см, сорго – 28–30 см. При возделывании озимой и яровой пшеницы – дискование в два следа на глубину 12–14 см. Как и при минимальной технологии возделывания, здесь использовалась предпосевная культивация, прикатывание, а в вариантах с сорго – междурядная обработка. В остальном же технологии были подобны.

После посева против болезней, вредителей и сорняков применялись смеси пестицидов. Минеральные удобрения (двойной суперфосфат, аммиачная селитра) в дозе $N_{90}P_{40}$ в минимальной и традиционной технологиях вносили под основную обработку почвы. Повторность опыта трехкратная, размеры участков – 840 м², учетных участков – 201,6 м².

Ежегодный баланс гумуса ($\Delta\Gamma$) рассчитывался по формуле [4]:

$$\Delta\Gamma = \Gamma_{po} - \Gamma_m - \Gamma_e, \quad (1)$$

где Γ_{po} – ежегодный приход гумуса с растительными остатками, т/га; Γ_m – ежегодная минерализация гумуса; Γ_e – ежегодные потери гумуса с ветровой эрозией.

Составляющие уравнения (1) определяются следующими уравнениями:

$$\Gamma_{po} = (M_{kpo} + M_{npo}) \cdot k_r, \quad (2)$$

$$\Gamma_e = W_r \cdot \theta, \quad (3)$$

где M_{kpo} , M_{npo} – масса корневых и пожнивных растительных остатков [4], т/га; k_r – коэффициент гумификации [4]; W_r – потери гумуса с дефляцией, т/га; θ – содержание гумуса в верхнем слое почвы, доля единицы (согласно нашим исследованиям, для почв опытного поля – $\theta = 0,257$).

Масса корневых и растительных остатков рассчитывается в зависимости от урожайности согласно уравнениям, приведенным в [4]. Для пшеницы она составила 366–840 г/м², гороха – 49–223 г/м², сорго – 300–762 г/м², горчицы – 194–240 г/м².

Величина минерализации гумуса (Γ_m) из (1) бралась как фиксированное значение в зависимости от сельскохозяйственной культуры, согласно [4] (пшеница – 1,25, горох – 1,5, сорго – 1,1, горчица – 1,39).

Потенциальные потери почвы от ветровой эрозии (W , т/га в год) рассчитывались согласно методическим рекомендациям ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» [5]:

$$W = 0,1 \cdot 10^{a-bK-cS} \cdot K_s \cdot (V_{max})^3 \cdot t \cdot K_p \cdot K_{du} \cdot K_l \cdot K_{pz} / (V_{mod})^3, \quad (4)$$

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

где К – комковатость почвы, %; S – количество стерни или растительных остатков на поверхности почвы, шт./м²; с, b, а – коэффициенты, зависящие от генезиса, физических и физико-химических свойств почв, вида и количества растительных остатков [5]; K_s – коэффициент разрушения агрегатов [5]; K_p – коэффициент влияния рельефа [5]; K_{ду} – коэффициент дефляционной устойчивости сельскохозяйственных культур [5]; K_л – коэффициент, выражающий защищенность поля лесополосами [5]; K_{пз} – коэффициент влияния дополнительных почвозащитных мероприятий [5]; t – средняя многолетняя продолжительность пыльных бурь, ч; V_{max} – средняя максимальная скорость ветра во время пылевых бурь 20% обеспеченности, м/с; V_{mod} – скорость воздушного потока в аэродинамической установке ПАУ–3, равная 13,5 м/с или 23 м/с на высоте флюгера [5].

Для расчетов по модели (4) была экспериментально определена комковатость почвы в дефляционноопасный период года (февраль–апрель) в слое 0–5 см методом сухого просеивания по Саввинову. Одновременно проводился и отбор растительных образцов для определения массы растительных остатков на 1 м².

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приходные и расходные статьи баланса по каждому году и по всем вариантам исследований, а также общий баланс гумуса за 2011–2013 гг. представлены в таблице 2. Анализ данных показывает, что баланс гумуса в значительной степени зависит от урожайности тех сельскохозяйственных культур, которые дают значительную массу растительных остатков при больших значениях коэффициентов гумификации (0,22–0,23) – озимая и яровая пшеница, а также горох. Положительные балансы гумуса за три года исследований по полям 1 и 3 (от + 0,35 т/га до +1,0 т/га) связаны именно с тем, что в 2011 г. в условиях достаточного увлажнения были получены весьма высокие урожаи пшеницы. Это и обеспечило приход в почву значительного количества гумуса по всем вариантам не только в этом году, но и повлияло на его баланс за весь изучаемый период. Отрицательные балансы органического вещества почвы по всем вариантам по полям 2 и 4 объясняются в первую очередь тем, что урожаи возделываемых культур за период исследований были очень низкими из-за погодных условий. Например, при выращивании гороха в 2012 г. на поле 4 было получено лишь 10–14 ц/га зерна, тогда как в 2011 г. на поле 1 – 16–20 ц/га.

Полученные результаты также показали, что технологии поверхностной обработки почв и особенно варианты с No-till заметно уменьшают потери гумуса с дефляцией, что объясняется значительным количеством растительных остатков на поверхности почвы (табл. 3). Потери гумуса с ветровой эрозией по варианту с No-till уменьшаются в 2–5 раз по сравнению с традиционной вспашкой, а по варианту с Mini-till – снижаются от нескольких процентов до 2 раз. Эти величины снижения потерь гумуса с дефляцией в общем коррелируют со степенью покрытия поверхности почвы растительными остатками. Другой причиной уменьшения потерь почвы и гумуса с ветровой эрозией могут быть более высокие значения комковатости почвы в дефляционноопасный период в вариантах с поверхностными обработками, т.к. слой растительных остатков защищает поверхность почвы от излишнего распыления за время зимних и весенних оттепелей.

Таблица 2

**Изменение баланса гумуса в зависимости от технологии
поверхностной обработки почв возделываемой культуры**

Год	№ поля	Технология	Культура	Приход	Расход		Баланс
				гумифи- кация	минера- лизация	деф- ляция	
				т/га			
2011	1	No-till	Горох	1,07	1,5	0,07	-0,50
		Mini-till		1,15	1,5	0,11	-0,46
		Традиционная		1,26	1,5	0,21	-0,45
	2	No-till	Сорго	1,82	1,1	0,00	0,72
		Mini-till		2,08	1,1	0,07	0,92
		Традиционная		2,34	1,1	0,36	0,88
	3	No-till	Озимая пшеница	3,49	1,25	0,12	2,13
		Mini-till		3,83	1,25	0,16	2,42
		Традиционная		3,99	1,25	0,26	2,47
	4	No-till	Горчица	0,55	1,39	0,07	-0,91
		Mini-till		0,57	1,39	0,11	-0,93
		Традиционная		0,57	1,39	0,12	-0,95
2012	1	No-till	Яровая пшеница	1,91	1,23	0,16	0,52
		Mini-till		1,88	1,23	0,47	0,19
		Традиционная		2,24	1,23	0,83	0,18
	2	No-till	Горчица	0,45	1,39	0,08	-1,02
		Mini-till		0,50	1,39	0,39	-1,28
		Традиционная		0,52	1,39	0,30	-1,18
	3	No-till	Сорго	0,54	1,1	0,00	-0,56
		Mini-till		0,56	1,1	0,05	-0,59
		Традиционная		0,59	1,1	0,08	-0,60
	4	No-till	Горох	0,79	1,5	0,06	-0,77
		Mini-till		0,89	1,5	0,11	-0,72
		Традиционная		0,95	1,5	0,21	-0,75

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Окончание табл. 2

Год	№ поля	Технология	Культура	Приход	Расход		Баланс
				гумифи- кация	минера- лизация	деф- ляция	
				т/га			
2013	1	No-till	Сорго	1,53	1,10	0,06	0,37
		Mini-till		1,78	1,10	0,05	0,62
		Традиционная		1,95	1,10	0,06	0,79
	2	No-till	Горох	0,69	1,50	0,08	-0,89
		Mini-till		0,83	1,50	0,12	-0,79
		Традиционная		0,83	1,50	0,21	-0,88
	3	No-till	Горчица	0,57	1,39	0,02	-0,83
		Mini-till		0,58	1,39	0,02	-0,84
		Традиционная		0,57	1,39	0,05	-0,87
	4	No-till	Яровая пшеница	1,07	1,23	0,13	-0,29
		Mini-till		1,35	1,23	0,06	0,05
		Традиционная		1,35	1,23	0,09	0,02
Общий баланс за 2011–2013 гг.	1	No-till	Горох Яровая пшеница Сорго	4,51	3,83	0,29	0,39
		Mini-till		4,81	3,83	0,63	0,35
		Традиционная		5,45	3,83	1,10	0,52
	2	No-till	Сорго Горчица Горох	2,96	3,99	0,16	-1,19
		Mini-till		3,41	3,99	0,58	-1,16
		Традиционная		3,69	3,99	0,87	-1,17
	3	No-till	Озимая пшеница Сорго Горчица	4,60	3,74	0,14	0,72
		Mini-till		4,97	3,74	0,23	1,00
		Традиционная		5,15	3,74	0,39	1,02
	4	No-till	Горчица Горох Яровая пшеница	2,41	4,12	0,26	-1,97
		Mini-till		2,81	4,12	0,28	-1,59
		Традиционная		2,87	4,12	0,42	-1,67

Таблица 3

**Масса наземных растительных остатков в дефляционноопасный период
в зависимости от возделываемой культуры и способа обработки почвы**

Технология	2011 г.		2012 г.		2013 г.	
	куль- тура	предше- ствен- ник	масса рasti- тельных остат- ков предше- ственника, г/м ²	куль- тура	пред- шествен- ник	масса рasti- тельных остат- ков предше- ственника, г/м ²
No-till	Lopух	240	Lopух	207	Cопро	366
Mini-till	Lopух	129	Lopух	85	Корса- риумениха	35
Традиционная	Lopух	20	Lopух	47	Корса- риумениха	8
поле 1						
No-till	Онжера	528	Лопух	326	Лопух	194
Mini-till	Онжера	294	Лопух	162	Лопух	112
Традиционная	Онжера	48	Лопух	55	Лопух	18
поле 2						
No-till	Лопух	223	Лопух	840	Лопух	762
Mini-till	Лопух	136	Лопух	356	Лопух	243
Традиционная	Лопух	25	Лопух	297	Лопух	37
поле 3						
No-till	Онжера	230	Лопух	240	Лопух	49
Mini-till	Онжера	130	Лопух	130	Лопух	23
Традиционная	Онжера	20	Лопух	20	Лопух	8
поле 4						
No-till	Лопух	300	Лопух	240	Лопух	49
Mini-till	Лопух	390	Лопух	130	Лопух	23
Традиционная	Лопух	67	Лопух	20	Лопух	8

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Следует обратить внимание на то, что по всем культурам севооборота наблюдается стабильное снижение урожайности по технологии No-till (табл. 4) по сравнению с минимальными и традиционными обработками почвы, что в итоге и привело к уменьшению прихода гумуса в почву с растительными остатками. Снижение урожайности по No-till, скорее всего, связано с увеличением засоренности посевов и ростом заболеваемости сельскохозяйственных культур. То есть значительный почвозащитный, а следовательно, и гумусосберегающий эффект No-till снивелирован уменьшением прихода органического вещества в почву при гумификации растительных остатков. Поэтому и по конкретным годам, и в целом за 2011–2013 гг. балансы гумуса по этой технологии были заметно ниже по сравнению с другими вариантами опыта.

Сводный баланс гумуса по всем полям и годам опыта указывает на то, что, несмотря на достаточно высокий уровень агротехники, в частности, применение минеральных удобрений и различных видов поверхностной обработки почвы, наблюдается дефицитный баланс гумуса. Так за три года исследований по технологии No-till он составляет –2,04 т/га, –1,40 т/га – для технологии Mini-till и –1,32 т/га – при традиционной отвальной вспашке (рис.).

Таблица 4

**Изменение урожайности основной продукции
сельскохозяйственных культур при различных технологиях
поверхностной обработки почвы, ц/га**

№ поля	Технология	2011 г.		2012 г.		2013 г.	
		культура	урожай-ность	культура	урожай-ность	культура	урожай-ность
1	No-till	Горох	16,1	Яровая пшеница	33,2	Сорго	23,8
	Mini-till		17,9		32,6		29,2
	Традиционная		20,2		40,3		33,0
2	No-till	Сорго	30,2	Горчица	8,4	Горох	8,0
	Mini-till		35,9		9,8		11,1
	Традиционная		41,6		10,4		11,1
3	No-till	Озимая пшеница	64,3	Сорго	2,2	Горчица	12,1
	Mini-till		71,4		2,7		12,2
	Традиционная		74,8		3,2		12,2
4	No-till	Горчица	11,4	Горох	10,2	Яровая пшеница	15,3
	Mini-till		12,0		12,4		21,2
	Традиционная		11,9		13,7		21,2

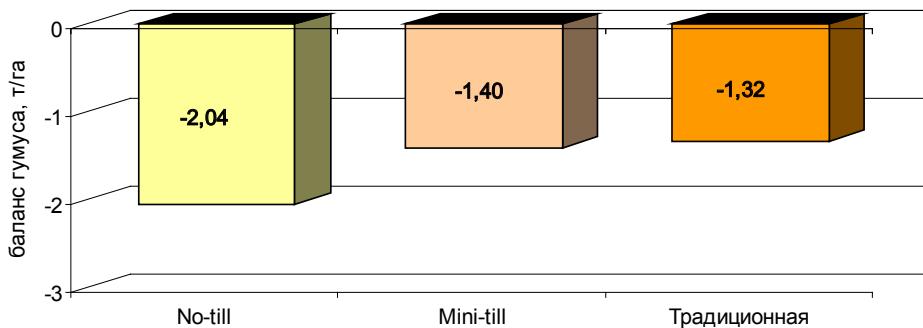


Рис. Сводный баланс гумуса по всем полям и годам опыта, т/га

Средние потери гумуса по опытному участку за три года составляют 1,58 т/га или 0,53 т/га в год, что, в общем, соответствует средним темпам дегумификации в Степи Украины [1]. Скорее всего, дефицитный баланс гумуса по всем технологиям может быть преодолен лишь с применением органических удобрений.

ВЫВОДЫ

1. На общий баланс гумуса в звене полевого севооборота в значительной мере влияет урожайность сельскохозяйственных культур конкретного года, т.к. при отсутствии органических удобрений растительные остатки являются основным источником гумуса в почве.

2. Использование No-till-технологий обработки почвы значительно уменьшает потери гумуса с ветровой эрозией, однако эта составляющая баланса полностью компенсируется уменьшением прихода в почву гумуса вместе с растительными остатками. Последнее объясняется уменьшением урожайности сельскохозяйственных культур из-за засоренности и болезней посевов.

3. В целом по всем вариантам за годы исследований (2011–2013 гг.) наблюдается отрицательный баланс гумуса, который колеблется от -2,04 т/га по технологии No-till до -1,32 т/га при использовании традиционной технологии, т.е. соответствует средним темпам дегумификации в южной Степи Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носко, Б.С. Антропогена еволюція чорноземів / Б.С. Носко; ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського». – Харків: Вид. 13 топографія, 2006. – 239 с.
2. Гассен, Д. Прямой посев – дорога в будущее / Д. Гассен, Ф. Гассен. – Днепропетровск: Корпорация «Агросоюз», 2004. – 206 с.
3. Косолап, М.П. Система землеробства No-till: навч. посібник / М.П. Косолап, О.П. Кротінов. – К.: Логос, 2011. – 352 с.
4. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління / С.А. Балюк [та інш.]. – Харків: КП «Міська друкарня», 2011. – 30 с.

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

5. Методичні рекомендації з прогнозування прояву пилових бур в Україні. – Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», 2009. – 32 с.

HUMUS BALANCE BY BASIC CROP PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE WIND EROSION DANGEROUS AREA (FOR EXAMPLE THE SOUTHERN STEPPES OF UKRAINE)

S.G. Chornyy, A.V. Voloschenyuk

Summary

The humus balance in southern chernozem by crop production technologies was investigated. The main soil humus source that in the absence of organic fertilizers is plant residues was determined. Using No-till technology loss significantly reduces wind erosion humus, but little effect on the total humus balance was determined too. For all versions of the technology experienced negative balance of humus, this is between –1.32 – –2.04 t/ha for three years

Поступила 12.02.14

УДК 631.51:633.15

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ СЕВЕРНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ

Н.И. Черячукин, Ю.В. Мащенко

*Кировоградская государственная сельскохозяйственная
опытная станция НААН, г. Кировоград, п/о Сазоновка, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Влияние систем обработки почвы на урожай и его качественные показатели является дискуссионным вопросом как в Украине, так и в других странах. Среди ученых нет единого мнения о том, какая обработка почвы лучше в севооборотах и под отдельные культуры: отвальная или безотвальная, глубокая, мелкая, «нулевая» или комбинированная.

Результаты, полученные в наших опытах, свидетельствуют о том, что эффективность разных способов обработки почвы зависит от многих факторов: погодных условий, типа почв, предшественника, применения удобрений

и гербицидов, сроков обработки почвы и сроков применения ее на одном и том же месте и др.

Цель данной работы заключается в сравнительной оценке агрономической эффективности различных приемов основной обработки чернозема обыкновенного северной Степи Украины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводятся на Кировоградской государственной сельскохозяйственной станции с 1973 г. Стационарный опыт по изучению систем основной обработки почвы в 10-польном зернопаропропашном севообороте: 1) пар черный; 2) пшеница озимая; 3) свекла сахарная; 4) ячмень яровой; 5) кукуруза на зерно; 6) горох; 7) пшеница озимая; 8) кукуруза на силос; 9) пшеница озимая; 10) подсолнечник. Схема опыта включала 10 вариантов основной обработки почвы: разноглубинные вспашки, фрезерная, плоскорезная на фоне рекомендованных доз удобрений и без них, вспашка на фоне 100 т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120}$, вспашка на 40 см в двух полях (под свеклу сахарную и кукурузу на силос), двухъярусная вспашка на 40 см в двух полях, дискование на глубину 10–12 см. В 1979 г. схема стационара была дополнена новыми вариантами: вспашка под пропашные + плоскорезная обработка почвы под культуры сплошного сева; вспашка под пропашные + дискование под культуры сплошного сева, «нулевая» обработка почвы.

Во второй ротации из опыта были исключены варианты с глубиной обработки на 40 см (плантажная, двухъярусная), вспашка с высокой дозой удобрений (навоза 100 т/га + $N_{120}P_{120}K_{120}$), фрезерная обработка как экономически нецелесообразные агроприемы, а также «нулевая» обработка, которая снижала продуктивность пропашных культур (особенно заметно кукурузы).

В то же время схема стационара была дополнена чизельной и комбинированной обработками, в которых вспашку под пропашные чередовали с «нулевой» обработкой под культуры сплошного сева (рис. 5).

Для обработки почвы использовали в основном апробированные в Украине почвообрабатывающие орудия. «Нулевую» обработку выполняли специальной сеялкой чехословацкого производства марки 20–Sexby–150, а прямой посев культур – сеялкой СЗПП–4,0 производства завода «Красная Звезда» (г. Кировоград) и турбодисковой сеялкой марки GreatPlainsCPH–2000.

Разноглубинные обработки почвы (вспашку, фрезерную, плоскорезную, чизельную) осуществляли на такие глубины: под свеклу сахарную – на 28–30 см, кукурузу на зерно и силос – 25–27 см, подсолнечник – 23–25 см, ячмень и горох – 20–22 см, пшеницу озимую – 18–20 см. Размеры общей площади делянок изменились от 210 до 280 м², учетной – от 120 до 190 м² на культурах сплошного сева и от 105 до 50 м² – на пропашных культурах. Повторность – трехкратная.

Почва под опытной делянкой – чернозем обыкновенный среднегумусный тяжелосуглинистый, содержащий 3,5% песка, 41,5% – пыли, 55% – физической глины, 6,0–5,8% – гумуса. Агротехника выращивания сельскохозяйственных культур – общепринятая для хозяйств северной Степи Украины.

Данные урожая, большинства анализов и наблюдений были математически обработаны методом дисперсионного анализа, а зависимость урожая от

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

плотности почвы, влагообеспеченности, содержания элементов питания, засоренности посевов – еще и методом корреляционного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Плотность после завершения первой ротации возросла по сравнению с исходными данными по всем способам обработки: в слое 0–20 см – на 0,12 г/см³ на вариантах, где дважды за ротацию (под свеклу сахарную и кукурузу на силос) применяли двухъярусную вспашку на глубину 40 см, на 0,17 г/см³ – в варианте плоскорезного рыхления. В слое 20–40 см – на 0,08 г/см³ в варианте с фрезерной обработкой, на 0,18 г/см³ – по дискованию на глубину 10–12 см. Это свидетельствует об аккумулятивном характере этого процесса. Отмечена тенденция ее повышения в слое 0–20 см по сравнению со слоем 20–40 см.

Плотность почвы характеризовалась значительной динамичностью во времени. Она изменялась под действием погодных условий, способов, глубины и сроков обработки почвы, сроков определения и выращивания культур. Все же, несмотря на значительную изменчивость, этому показателю присуща следующая закономерность для всех культур: при средних погодно-климатических условиях она за все время исследований не превышала критическую величину 1,30 г/см³, ее равновесная величина в слое 0–40 см составила: по вспашке – 1,20–1,21 г/см³, плоскорезному рыхлению – 1,22–1,23, дискованию – 1,24–1,25, «нулевой» обработке – 1,25–1,27 г/см³.

И только в засушливые годы плотность почвы превышает 1,30 г/см³, особенно по мелкой и «нулевой» обработкам в слое 0–30 см, где может достигать 1,42–1,43 г/см³ с одновременным повышением твердости соответственно на 18,2 и 23,9% по сравнению с разноглубинной вспашкой (рис. 1).

Высокая плотность и твердость в засушливых условиях отрицательно влияют на рост корневой системы, поступление воды и элементов питания, обуславливая снижение продуктивности сельскохозяйственных культур, особенно пропашных. В годы с достаточным количеством осадков этого не наблюдается.

Проблема влагообеспеченности в регионе исследований исключительно остра и требует разработки и внедрения влагосберегающих технологий. Продуктивность культур в основном зависит от запасов доступной влаги, накопленной в почве за осенне-зимний период. Результаты показывают (рис. 2), что, несмотря на вариабельность этого показателя по годам исследований, системам обработки почвы, культурам севооборота, после завершения первой ротации 10-польного зерно-паропропашного севооборота влияния способов обработки почвы на процессы влагонакопления за осенне-зимний период практически не прослеживалось, запас влаги колебался в пределах 205–212 мм.

Анализ по отдельным годам свидетельствует о том, что способы обработки почвы, которые обуславливают повышение плотности почвы пахотного слоя (0–30 см), в засушливые годы за осенне-зимний период накапливают меньше продуктивной влаги по сравнению с разноглубинной вспашкой, что требует обрабатывать почву под яровые культуры на большую глубину, чем это предусмотрено мелкой и «нулевой» обработками, особенно под культуры с глубоко проникающей корневой системой, а в годы с достаточной влагообеспеченностью – применять минимальные технологии обработки.

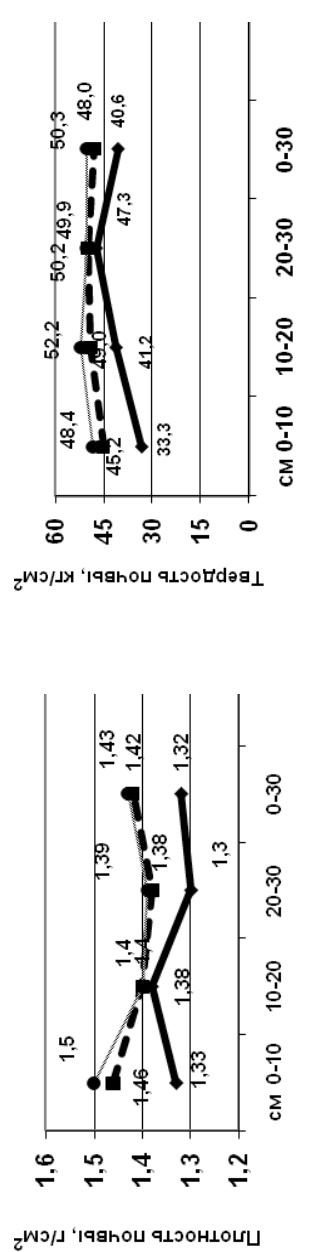


Рис. 1. Закономерности влияния систем обработки почвы на ее плотность и твердость во время уборки кукурузы на силос в засушливом 1981 г. ($\Gamma\text{TK}=0,84$)

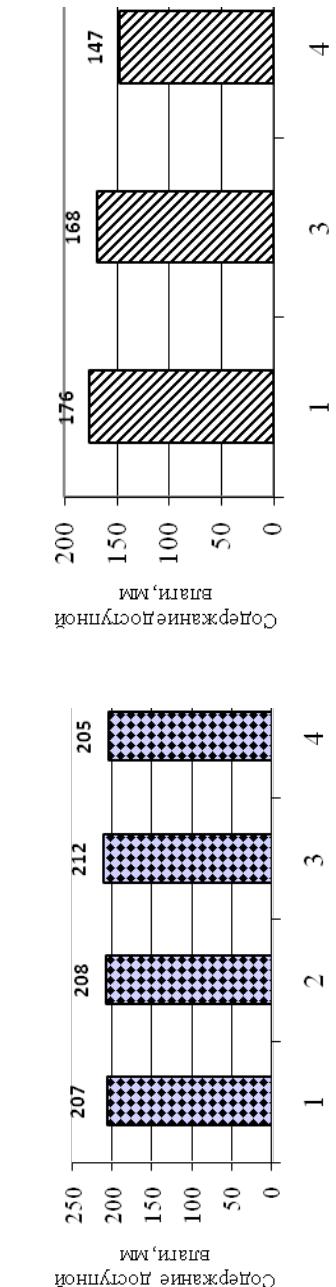


Рис. 2. Весенние запасы доступной влаги в слое 0–150 см почвы в зависимости от системы ее обработки, мм:
1 – вспашка; 2 – фрезерование; 3 – плоскорезная; 4 – дискование
(среднее за 1985-1989 г.)

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Характер влияния обработки на плодородие почвы определяется интенсивностью и глубиной рыхления, спецификой перемещения разных частей слоя, который обрабатывается, размещением в нем органических и минеральных удобрений, растительных остатков. В наших исследованиях отмечена дифференциация пахотного слоя по плодородию по всем способам обработки почвы, включая вспашку. Однако на вспаханных делянках она была менее заметной по сравнению с безотвальными обработками. Более четко дифференциация наблюдалась по подвижному фосфору (P_2O_5) и обменному калию (K_2O) в посевах всех культур се-вооборота и срокам определения. Нитратный азот характеризуется значительной динамичностью, в связи с чем его в слое 20–40 см чаще накапливается больше, чем в слое 0–20 см. Особенно это заметно при весеннем сроке определения, когда при высокой насыщенности почвы водой нитраты промываются в более глубокие горизонты.

Влияние способов обработки почвы на распределение элементов питания в почвенном профиле характеризуется данными рисунка 3.

Анализ этого рисунка свидетельствует о том, что распределение всех элементов питания (NO_3 ; P_2O_5 ; K_2O) характеризуется аналогичной закономерностью: безотвальные обработки почвы обуславливают достоверные преимущества в накоплении элементов питания в самом верхнем слое (0–5 см), практически равное плодородие слоя 5–10 см и снижение их содержания в более глубоких (10–20, 20–30 см) слоях почвы по сравнению с разноглубинной вспашкой. Тем не менее в целом пахотный слой по всем обработкам имеет примерно одинаковое эффективное плодородие, что при достаточном увлажнении обеспечивает практически идентичную продуктивность сельскохозяйственных культур. В то же время безотвальным обработкам почвы присуща угроза физиологической недоступности элементов питания для культурных растений при пересыхании верхнего слоя (0–10 см), что и отмечено в наших опытах.

Влияние основных систем обработки почвы, которые прошли без изменений в первой и второй ротации (разноглубинная вспашка, разноглубинное плоскорезное рыхление, дискование на глубину 10–12 см) на содержание гумуса, показано в таблице.

Из данных таблицы следует, что в среднем за 1974–1989 гг. запасы гумуса в слое 0–40 см по всем системам обработки почвы на удобренном фоне практически одинаковые – 284,4–283,9 т/га. На фоне без применения удобрений по вспашке и плоскорезному рыхлению его запасы также мало различались, хотя по сравнению с одноименными удобренными вариантами они были меньше – соответственно на 4,8 и 9,5 т/га. За этот период запасы гумуса уменьшились по сравнению с исходными данными в слое 0–40 см в таком количестве: разноглубинная вспашка на удобренном фоне – на 3,4 т/га; разноглубинное плоскорезное рыхление – 12,1; дискование на глубину 10–12 см – 12,5; вспашка без внесения удобрений – 15,9; плоскорезное рыхление на аналогичном фоне – 16,6 т/га.

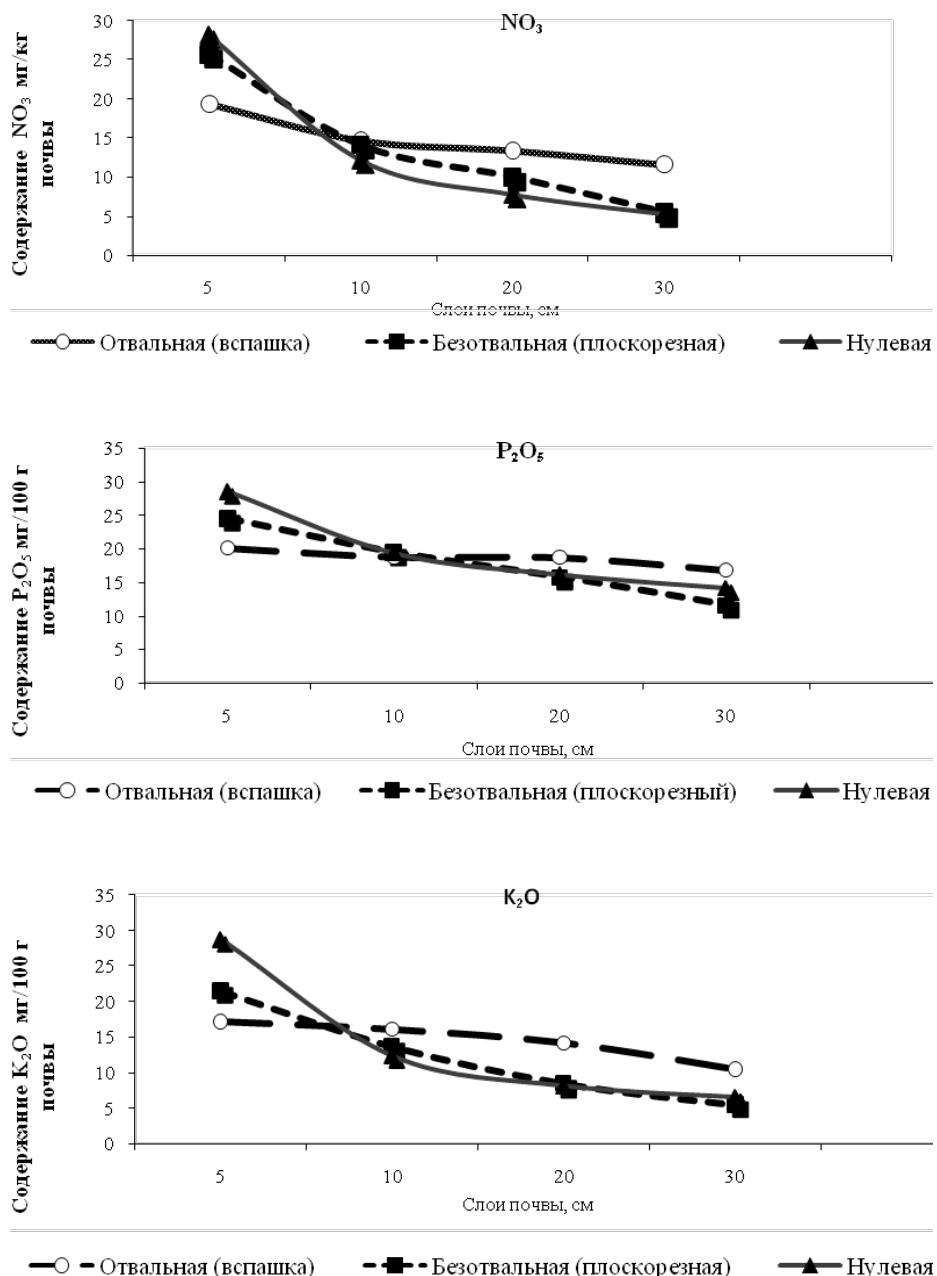


Рис. 3. Закономерности распределения питательных веществ (NPK) по слоям почвы в зависимости от способов отвальной и безотвальной обработки почвы (перед посевом пшеницы озимой после гороха, среднее за 1981–1982 гг.)

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Таблица

Влияние систем обработки почвы на процесс гумусообразования, т/га

Системы обработки почвы	Исходные данные (среднее за 1973–1974 гг.)			После окончания опыта (1989 г.)			± к исходному, т/га		
	слои, см			слои, см			слои, см		
	0–20	20–40	0–40	0–20	20–40	0–40	0–20	20–40	0–40
Разноглубинная вспашка – контроль	160,2	127,4	287,6	157,8	126,6	284,4	-2,6	-0,8	-3,4
Разноглубинная плоскорезная	164,5	132,0	296,5	159,3	124,1	283,4	-4,2	-7,9	-12,1
Дискование на 10–12 см	164,4	132,0	296,4	157,9	126,0	283,9	-6,5	-6,0	-12,5
Контроль, без удобрений	161,6	133,9	295,5	152,6	127,0	279,6	-9,0	-6,9	-15,9
Плоскорезная без удобрений	161,0	129,5	290,5	153,7	120,2	273,9	-7,3	-9,3	-16,6

Сорная растительность является конкурентом культурных растений в использовании факторов жизни (влаги, элементов питания, света), обуславливая снижение продуктивности и ухудшение качественных показателей сельскохозяйственных культур. Поэтому борьба с сорной растительностью в агрофитоценозах всегда актуальна. В первой ротации севооборота посевы практически всех сельскохозяйственных культур по фрезерной, плоскорезной и мелкой обработкам почвы были более засоренными по сравнению со вспашкой и особенно с теми вариантами, где под свеклу сахарную и кукурузу на силос применяли плавтажную и двухъярусную вспашку на глубину 40 см. В среднем за 1976–1985 гг. по этим вариантам (на глубину 40 см) засоренность севооборота была ниже, чем по разноглубинной вспашке соответственно на 21,2–42,6%, а по фрезерной, плоскорезной и мелкой обработкам, наоборот, выше – соответственно на 6,4%; 159,5; 80,8% (рис. 4).

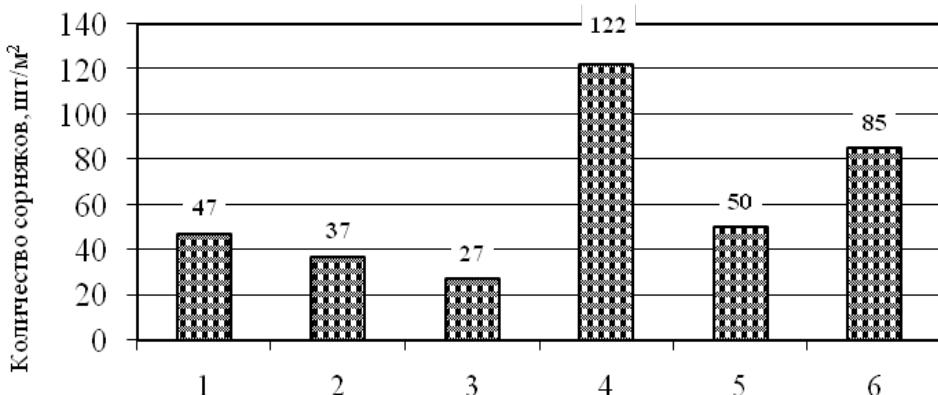


Рис. 4. Засоренность посевов севооборота в первой ротации в зависимости от систем обработки почвы (среднее за 1976–1985 гг., шт./м²): 1 – разноглубинная вспашка; 2 – углубление вспашки до 40 см (в 2-х полях); 3 – двухъярусная вспашка на 40 см (в 2-х полях); 4 – разноглубинная плоскорезная; 5 – разноглубинная фрезерная; 6 – дискование на 10–12 см

Вторая ротация севооборота характеризовалась выравненностью показателей засоренности по системам обработки почвы (рис. 5).

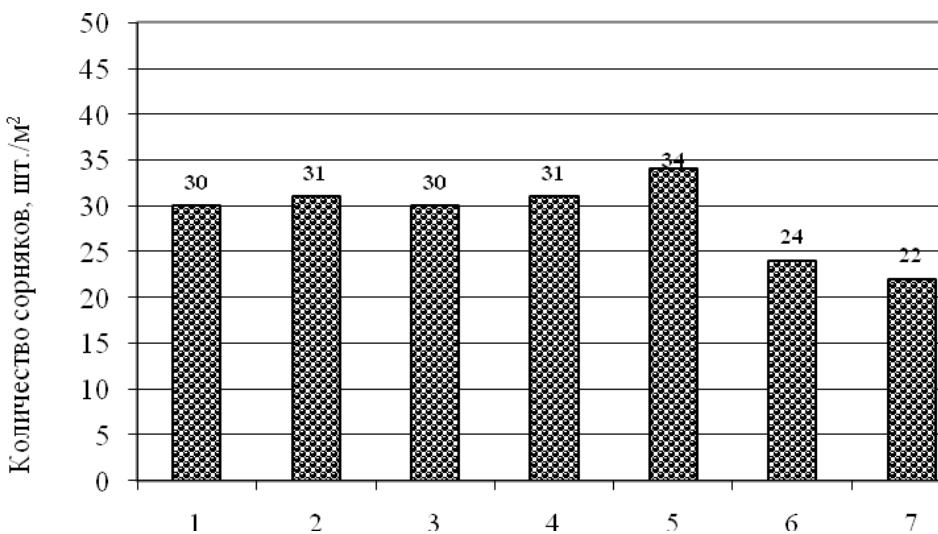


Рис. 5. Засоренность посевов севооборота во второй ротации (среднее за 1985–1990 гг., шт./м²): 1 – разноглубинная вспашка; 2 – разноглубинная плоскорезная; 3 – дискование на 10–12 см; 4 – разноглубинная чизельная; 5 – вспашка + плоскорезная; 6 – вспашка + дискование; 7 – вспашка + «нулевая»

По комбинированным обработкам (вспашка + дискование; вспашка + «нулевая») засоренность даже понизилась относительно контроля соответственно

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

на 20,0 и 26,7%. Такая тенденция поясняется тем, что из 5-ти лет исследований во второй ротации 3 года были засушливыми. А при более сухой поверхности почвы последних двух вариантов семена сорной растительности прорастали в меньшем количестве по сравнению с разноглубинной вспашкой. По «нулевой» технологии обработки отмечены такие особенности (как в стационарном, так и во временных опытах): в первый год ее применения засоренность посева практически не отличалась от засоренности контроля (вспашки), в последующие годы она быстро росла и уже на 3-й культуре достигала уровня плоскорезной и мелкой обработок. Кроме этого, наблюдалась смена видового состава как однолетних, так и многолетних сорняков. Если по вспашке преобладали щирица и осот розовый, то в варианте «нулевой» обработки – марь белая и осот желтый (огородный).

Наиболее высокая засоренность была при прямом севе по всем предшественникам и составила по пшенице озимой 23 шт./ m^2 , подсолнечнику – 11,0 шт./ m^2 , кукурузе на зерно – 3,0 шт./ m^2 , это больше, чем по вспашке соответственно на 73,9%, 54,5%, 66,7%.

В среднем за 1975–1985 гг. продуктивность севооборота по способам обработки почвы различалась незначительно (рис. 6). Отмечена тенденция ее повышения на вариантах, где дважды за первую ротацию севооборота применяли плантажную и двухъярусную вспашку на глубину 40 см и разноглубинную вспашку с высокой дозой удобрений (100 т/га навоза + NPK₁₂₀), по сравнению с контролем соответственно на 2,0%; 3,4%; 3,7%. В вариантах с применением фрезерной, плоскорезной и мелкой обработок она понизилась соответственно на 1,4%; 2,7; 3,2%. На фоне без удобрений по фрезерной обработке продуктивность была практически на уровне разноглубинной вспашки, а по плоскорезному рыхлению – на 4,5% меньше.

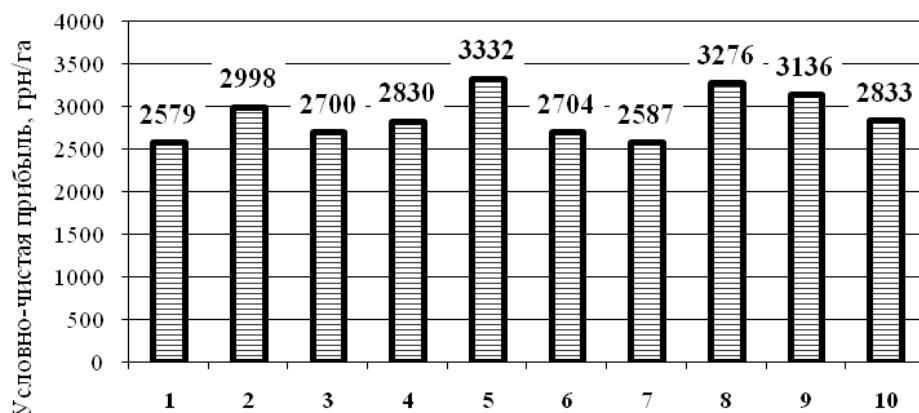


Рис. 6. Экономическая эффективность систем основной обработки почвы в зернопаропропашном севообороте во второй ротации (среднее за 1985–1990 гг.): 1 – вспашка на фоне удобрений; 2 – то же, без удобрений; 3 – чизельная на фоне удобрений; 4 – то же, без удобрений; 5 – вспашка + «нулевая»; 6 – вспашка + дискование; 7 – дискование на 10–12 см; 8 – плоскорезная на фоне удобрений; 9 – то же, без удобрений; 10 – вспашка + плоскорезная

Была определена реакция культур на дифференциацию слоя, который обрабатывали: кукуруза лучше реагировала на вспашку (гомогенный профиль); свекла сахарная и горох – на вспашку после безотвальной обработки под предшественник; ячмень яровой – на безотвальную обработку (особенно плоскорезную) после вспашки под предшественник; пшеница озимая после всех предшественников и подсолнечник – одинаково и на гомогенный, и гетерогенный профили.

Во второй ротации (после реконструкции стационара) по всем безотвальным (кроме дискования) и комбинированным системам обработки почвы на удобренном фоне наблюдали тенденцию к снижению продуктивности севооборота по сравнению со вспашкой, которая колебалась в пределах 0,07–3,62% (рис. 7). По дискованию на глубину 10–12 см продуктивность была на 3,29 т/га (11,7%) ниже, чем на контроле. На неудобренном фоне это снижение составило: по разноглубинной вспашке – 12,0%; чизельной и плоскорезной обработкам – соответственно 16,5–16,6%. Снижение продуктивности севооборота во второй ротации по дискованию объясняется засушливостью погоды (было 3 засушливых года из 5), что обусловило на этом варианте повышение плотности и твердости почвы, а следовательно, и уменьшение запасов доступной влаги, и продуктивности.

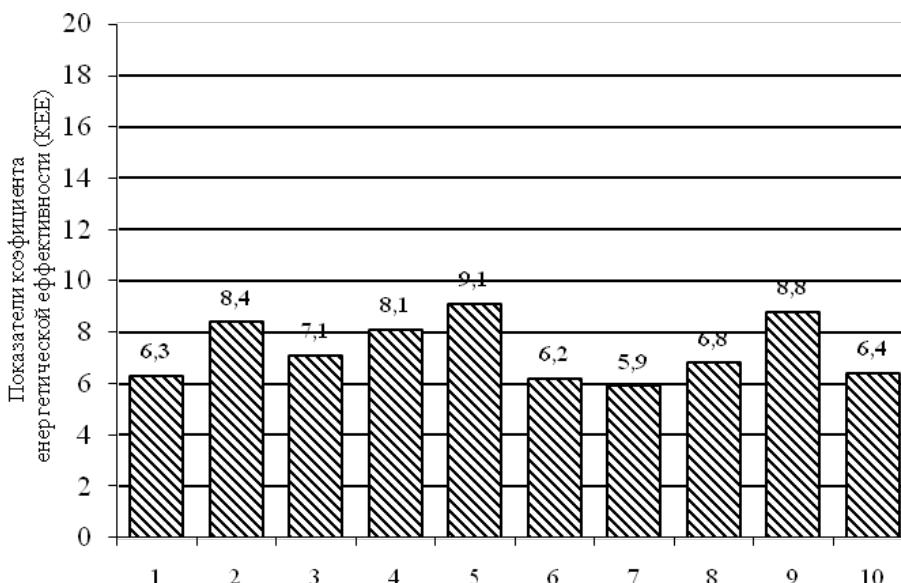


Рис. 7. Энергетическая эффективность систем основной обработки почвы в зернопаропропашном севообороте во второй ротации (среднее за 1985–1990 гг.): 1 – вспашка на фоне удобрений; 2 – то же, без удобрений; 3 – чизельная на фоне удобрений; 4 – то же, без удобрений; 5 – вспашка + «нулевая»; 6 – вспашка + дискование; 7 – дискование на 10–12 см; 8 – плоскорезная на фоне удобрений; 9 – то же, без удобрений; 10 – вспашка + плоскорезная

Влияние систем обработки почвы на качественные показатели сельскохозяйственных культур было незначительным. Можно лишь отметить, что во второй

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

ротации севооборота комбинированные варианты (вспашка + дискование; вспашка + «нулевая») повышали содержание белка в зерне гороха соответственно на 0,9 и 0,6%, а в комбинации вспашка + плоскорезное рыхление – на 0,5% по сравнению с контролем.

Во временном опыте по изучению эффективности зяблевой обработки различными почвообрабатывающими орудиями урожайность ячменя ярового в среднем за 1989–1990 гг. колебалась по способам обработки почвы в пределах НСР₀₅. Под кукурузу на зерно наиболее эффективной была вспашка, где урожайность составила 5,5 т/га. В вариантах безотвальной обработки она понизилась от 9,1% в варианте с использованием стоек СибиМЭ до 10,7% – с использованием диагонального рыхлителя (ПРН-31000) и плоскореза.

В опыте по изучению эффективности плоскорезного рыхления с одновременным щелеванием подпахотного слоя (на 40–45 см) под подсолнечник (1991–1993 гг.) установлено, что этот агроприем практически при равной урожайности культуры (2,31–2,36 т/га) заметно повышает качество обработки почвы (агрегат устойчиво идет на заданной глубине), обеспечивает экономию на каждом гектаре пашни по сравнению со вспашкой (на основную, предпосевную, уход за посевами) 23,5 кг горючего, уменьшает энергоемкость на 117,8 МДж, общие энергозатраты – на 1212 МДж, повышает коэффициент энергетической эффективности (Кээ) от 4 до 5,9 (на 47,5%).

Результаты временных опытов (1996–2000 гг.) по изучению основной обработки почвы весной на полях, не обработанных с осени (после подсолнечника, свеклы сахарной, кукурузы на зерно), свидетельствуют о том, что при выращивании ячменя ярового наиболее эффективно применение сеялки прямого сева, а при ее отсутствии – противоэррозионного культиватора КПЭ-3,8; кукурузы на силос – КПЭ-3,8 в агрегате с тяжелыми боронами на глубину 16–18 см; пшеницы озимой после пара раннего – ПРН-4–35 (31000). И хотя продуктивность культур с применением этих почвообрабатывающих орудий уступает продуктивности, полученной по вспашке, вследствие значительной экономии энергоресурсов коэффициент энергетической эффективности повышается по сравнению с осенней вспашкой соответственно на 65,2%; 37,0%; 28,2%.

Наиболее существенные различия между способами обработки почвы в стационарном опыте отмечены по общим затратам на производство продукции. Так, в первой ротации на варианте разноглубинной вспашки они составили на удобренном фоне 11090 грн/га, что больше по сравнению с плоскорезным рыхлением и дискованием соответственно на 450 и 310 грн, или 4,1 и 2,8%. Наиболее высокими эти затраты были на фоне вспашки с высокой дозой удобрений (100 т/га навоза + NPK₁₂₀) – 14500 грн/га и с применением фрезерования – 14250 грн, что больше по сравнению с контролем соответственно на 3450 и 3160 грн, или 31,1 и 28,5%. Применение плантажной и двухъярусной вспашки на глубину 40 см также повышало затраты по сравнению с разноглубинной вспашкой соответственно на 10,6 и 10,5%. На фоне без удобрений по плоскорезной обработке они были на 4,5% меньше, а с использованием фрезерных орудий – на 34,7% больше, чем на контроле.

Во второй ротации севооборота затраты по вспашке также были наиболее высокими и составили на удобренном фоне 15224 грн/га, на фоне без удобрений – 10088 грн. Остальные системы обработки почвы характеризовались

снижением затрат: комбинированная (вспашка + нулевая) – на 31,3%; плоскорезное рыхление – 23; дискование – 21,6; комбинированные (вспашка + плоскорезная, вспашка + дискование) – соответственно на 11,5 и 10,8; чизельная обработка – на 7% (рис. 6).

Значительное сокращение затрат на выращивание культур по безотвальным и комбинированным обработкам почвы способствовало повышению показателей прибыльности и уровня рентабельности на 1 га севооборотной площади по сравнению с разноглубинной вспашкой. Наиболее высокими они были в варианте комбинированной обработки, где вспашку под пропашные чередовали с «нулевой» обработкой под культуры сплошного сева и плоскорезного рыхления и составили соответственно 3332 грн и 159,3%; 3276 грн и 139,7% при аналогичных показателях на контроле 2579 грн и 84,7%.

Комбинированная система (вспашка + «нулевая») обеспечила и наивысший коэффициент энергетической эффективности (Кээ) – 9,1, что больше, чем по вспашке (6,3) на 2,8 ед., или на 44% (рис. 7). По чизельной и плоскорезной обработкам это повышение достигло лишь 12,7 и 7,9%, а по дискованию на 10–12 см Кээ уменьшился по сравнению со вспашкой на 0,4 ед., или на 6,3%.

ВЫВОДЫ

На черноземе обыкновенном среднегумусном тяжелосуглинистом северной Степи Украины влияние систем основной обработки на плотность почвы, накопление в ней воды, элементов питания в среднем за годы исследований практически равнозначно, различия колеблются в пределах НСР₀₅. В засушливые годы по мелкой и «нулевой» обработкам почвы из-за повышенных показателей плотности и твердости и снижения запасов влаги отмечали снижение продуктивности выращиваемых культур, особенно пропашных.

Из полученных результатов следует, что в засушливые осенние периоды нужно обрабатывать почву под яровые культуры на большую глубину, чем мелкая и «нулевая» обработки, особенно под культуры с глубоко проникающей корневой системой, а в осенние периоды с достаточной влагообеспеченностью – применять минимальные технологии обработки.

По безотвальным обработкам (фрезерная, плоскорезная, дискование, чизельная) засоренность посевов увеличивается по сравнению с разноглубинной вспашкой в 1,5–2 раза, а с применением плантажной и двухъярусной вспашки на глубину 40 см она уменьшается соответственно на 21,6–42,6%. По «нулевой» технологии обработки почвы в первый год ее применения засоренность остается на уровне вспашки, а в последующие годы она быстро нарастает и на третьей культуре севооборота достигает уровня засоренности, отмеченного по дискованию.

Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур по безотвальным обработкам почвы, особенно «нулевой» и мелкой, по сравнению со вспашкой в основном обусловлено ухудшением физических свойств почвы, прежде всего в засушливые годы, и более высокой засоренностью посевов.

В регионе исследований наивысший агротехнологический эффект достигается при чередовании вспашки под пропашные с «нулевой» обработкой под

1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

культуры сплошного сева, где при одинаковой продуктивности севооборота по сравнению с разноглубинной вспашкой общие затраты уменьшаются на 31,3%, а прибыльность, уровень рентабельности и коэффициент энергетической эффективности увеличивается соответственно на 753 грн/га, 74,6 и 44%.

EFFECTIVENESS OF PRIME TILLAGE ON CHERNOZEM ORDINARY IN THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE

N.I. Cheryachukin, Yu.V. Mashchenko

Summary

There were presented the results of stationary and temporary field experiments performed during 1974–2012 to study the effect of tillage systems on soil processes that determine the soil fertility, crop productivity, their economic and energy efficiency.

Поступила 14.04.14

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.85:631.83

ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В условиях преобладающих в Республике Беларусь дерново-подзолистых почв, которые в силу естественных причин имеют низкое потенциальное плодородие, применение минеральных удобрений является одним из наиболее существенных факторов, влияющих как на состояние плодородия почв, так и на их продуктивность. Система применения минеральных удобрений разрабатывается таким образом, чтобы не только компенсировать вынос элементов питания с урожаем, но и повысить запас фосфора и калия в почвах. В этом плане важное научное и практическое значение имеет продолжительность действия остаточных количеств удобрений, которые не были использованы растениями, а закрепились в почвах.

Проблема устойчивости почв к деградации имеет большое научное и практическое значение. Одним из видов химической деградации пахотных почв является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экспенсивном способе хозяйствования [1–3].

До 1992 г. научное обеспечение растениеводческой отрасли в республике заключалось в разработке интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, основой которых являлось осуществление комплекса мероприятий по оптимизации условий роста и развития растений в период вегетации. Благодаря значительному росту запасов элементов питания в почвах в республике сохранилась достаточно высокая продукционная способность сельскохозяйственных земель в период, когда применение минеральных удобрений сократилось практически в 2 раза, а органических – в 3 раза. Сложившаяся в годы перестройки тенденция по снижению объемов применения минеральных и органических удобрений в сочетании с нарушением соотношения элементов питания в сельскохозяйственном производстве обусловила необходимость изучения изменения почвенного плодородия по содержанию фосфора и калия.

Несмотря на то, что валовые запасы фосфора и калия в почвах существенно превышают количество доступных элементов питания, деградация почвенно-го плодородия по содержанию фосфора и калия может происходить значительно быстрее, чем, например, азота. В этой связи особое значение приобретает комплексная оценка фосфорного и калийного состояния и устойчивость его к антропогенному воздействию [3–5].

2. Плодородие почв и применение удобрений

Цель исследований – установить длительность последействия остаточных количеств фосфора и калия, вносимых с минеральными и органическими удобрениями в предшествующий период, и установить период, агрохимической деградации дерново-подзолистой супесчаной почвы, т.е. время, за которое почва по содержанию фосфора и калия возвращается в исходное состояние.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в длительном стационарном полевом опыте в РУП «Экспериментальная база им. А.В. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 30–50 см песком. Пахотный слой перед закладкой опыта в 1987 г. характеризовался следующими показателями: pH_{KCl} 5,6–6,0, P_2O_5 – 80–100, K_2O – 170–230 мг/кг почвы, гумус – 1,8–2,3%. Повторность вариантов – четырехкратная. Общая площадь делянки – 49,5 м² (5,5 м × 9,0 м), учетная: для зерновых – 32 м², для пропашных – 22,4 м². Минеральные удобрения вносили согласно схеме исследований. За три ротации четырехпольного севооборота в вариантах с применением фосфорных и калийных удобрений содержание P_2O_5 возросло на 33–57 мг/кг (в зависимости от формы применяемых удобрений), K_2O – в среднем на 28 мг/кг почвы.

С 1986 г. по 1995 г. в почву внесено 120 т/га соломистого навоза крупного рогатого скота (навоз КРС) – фон.

С 1987 г. по 1998 г. вносили следующие удобрения: аммиачную селитру или мочевину (карбамид), хлористый калий и разные формы фосфорных: суперфосфат двойной ($\text{P}_{\text{сд}}$), полифосфат кальция ($\text{P}_{\text{полифосфат Ca}}$), аммофосфат ($\text{P}_{\text{аф}}$), бесхлорное РК – удобрение на основе нефелинов ($\text{P}_{\text{РК-удобрение}}$), аммофос ($\text{P}_{\text{АФ}}$) и суперфосфат простой аммонизированный ($\text{P}_{\text{с.а.}}$). В зависимости от варианта фосфорные удобрения не вносятся с 1987 г., 1990 г. и 1999 г., азотные и калийные – с 1999 г. С 1987 г. по 1998 г. внесено: 1. Без удобрений; 2. Фон – 120 т/га навоз КРС; 3. Фон + $\text{N}_{87}\text{K}_{98}$; 4. Фон + $\text{N}_{87}\text{K}_{98}\text{P}_{53}$ с.д.; 5. Фон + $\text{N}_{81}\text{K}_{98}\text{P}_{53}$ – полифосфат Ca; 6. Фон + $\text{N}_{82}\text{P}_{60}\text{K}_{98}$; 7. Фон + $\text{N}_{79}\text{P}_{59}\text{K}_{93}$; 8. Фон + $\text{N}_{87}\text{K}_{98}\text{P}_{53}$ – аммофосфат; 9. Фон + $\text{N}_{81}\text{K}_{92}\text{P}_{53}$ (бесхлорное РК – удобрение на основе нефелинов); 10. Фон + $\text{N}_{87}\text{P}_{59}\text{K}_{98}$, 11. Фон + $\text{N}_{81}\text{K}_{91}\text{P}_{60}$ с.а.; 12. Фон + $\text{N}_{81}\text{K}_{91}\text{P}_{53}$ аф; 13. Фон + $\text{N}_{66}\text{K}_{91}\text{P}_{53}$; 14. Фон + $\text{N}_{79}\text{K}_{91}\text{P}_{59}$; 15. Фон + $\text{N}_{79}\text{K}_{91}\text{P}_{59}$; 16. Фон + $\text{N}_{87}\text{K}_{91}\text{P}_{61}$.

Таким образом, в опыте с 1999 г. изучали последействие разных форм фосфорных удобрений: двойного суперфосфата, полифосфата кальция, аммофосфата, бесхлорного РК-удобрения на основе нефелинов, аммофоса и суперфосфата простого аммонизированного. Кроме перечисленного, в опыте продолжается изучение последействия фосфорных удобрений с 1987 г. (вар. 3) и внесенных за 1-ую ротацию (1986–1990 гг.) севооборота (вар. 10).

Чередование культур с 1999 г. следующее: вико-овсяная смесь (1999 г.) – озимая тритикале сорта Mixась (2000 г.) – люпин сорта Гелена (2001 г.) – картофель сорта Скарб (2002 г.) – ячмень сорта Дзівосны (2003 г.) – горохово-овсяная смесь (2004 г.) – озимая тритикале сорта Mixась (2005 г.) – люпин сорта Хвалько (2006 г.) – ячмень сорта Гонар (2007 г.) – горохово(пелюшко)-овсяная смесь (2008 г.) – озимая тритикале сорта Вольтарио (2009 г.) – овес сорта Юбилиар (2010 г.) – яровой рапс сорт Янтарь (2011 г.) – яровая пшеница сорта Тома (2012 г.) – горохово-овсяная смесь (2013 г.).

Предпосадочную, предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с рекомендациями по интенсивной технологии возделывания пропашных и зерновых культур и в соответствии с отраслевыми регламентами [6, 7].

В опытах применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: гидролитическую кислотность – по Каппену, сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, фосфор и калий в почве – по методу Кирсанова, обменные кальций и магний – методом ЦИНАО ГОСТ 26487–85, органическое вещество в почве – по Тюрину в модификации ЦИНАО; в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот – на пламенном фотометре, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. В некоторых культурах определение элементов питания в основной продукции проводили методом инфракрасной спектрометрии на спектрофотометре «Инфрапид».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления длительности последействия остаточных количеств фосфора и калия, внесенных ранее с минеральными и органическими удобрениями, особое значение имеет анализ динамики продуктивности сельскохозяйственных культур во временном интервале после прекращения применения фосфорных и калийных удобрений. Начиная с 1999 г., максимальная продуктивность культур по годам исследований получена в 2004 г. при возделывании горохо-овсяной смеси – 110,8 ц к.ед./га при внесении $N_{60}P_{40}K_{80}$ и в этом же варианте в 2005 и 2009 гг. при возделывании озимой тритикале – 85,6 ц к.ед./га (при внесении $N_{120}P_{40}K_{80}$) и 91,2 ц к.ед./га (при внесении $N_{150}P_{40}K_{80}$) соответственно. Максимальная среднегодовая (с 1999 г.) продуктивность культур – 59,1 и 55,2 ц к.ед./га – получена при среднегодовом внесении полной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ и парной комбинации $N_{67,3}P_{40}$. В варианте без внесения удобрений с 1987 г. получена среднегодовая продуктивность культур – 33,0 ц к.ед./га, т.е. среднегодовой недобор кормовых единиц по отношению к оптимальной урожайности составил 26,1 ц к.ед./га. При последействии минеральных и органических удобрений получено 35,1 ц к.ед./га, прибавка составила 2,1 ц к.ед./га по отношению к варианту без удобрений, а недобор кормовых единиц – 24,0 ц/га. При последействии с 1999 г. калийных удобрений, т.е. при среднегодовом внесении $N_{67,3}P_{40}$ получена продуктивность 55,2 ц к.ед./га, а среднегодовой недобор составил 3,9 ц к.ед./га. При ежегодном внесении фосфорных удобрений, т.е. при последействии $N_{71}K_{98}$ (среднегодовое внесение до 1999 г.) среднегодовая продуктивность культур составила 41,2 ц к.ед./га, что на 17,9 ц к.ед./га меньше, чем при оптимальной полной дозе минеральных удобрений, и на 6,1 ц к.ед./га больше, чем в фоновом варианте (табл. 1).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 1

**Влияние действия и последействия минеральных удобрений
на продуктивность сельскохозяйственных культур**

Вариант (среднегодовая доза минеральных удобрений)	Продуктивность, ц/га к.ед.						
	2000 г	2001 г	2002 г	2003 г	2004 г	2005 г	2006 г
1. Без удобрений	20,8	43,5	38,0	22,3	35,2	53,4	38,5
2. Последействие 120 т/га навоза КРС – фон	23,8	44,2	36,3	25,1	40,2	55,4	47,8
3. Фон + N _{67,3} K _{85,3}	29,8	69,4	34,5	31,6	59,1	91,3	74,5
4. Фон + NKP _{сд.} – последействие	31,4	46,4	36,4	27,9	43,4	74,4	54,3
5. Фон + NKP _{полифосфат Ca –} последействие	23,4	49,2	40,7	27,9	37,0	70,3	56,7
6. Фон + N _{67,3} P ₄₀ K _{85,3}	34,7	74,9	35,0	38,4	56,8	110,8	85,6
7. Фон + N _{32,7} P ₂₀ K _{42,7}	29,0	57,4	35,8	35,3	50,7	90,2	62,9
8. Фон + NKP аммофосфат – последействие	22,7	53,5	40,0	27,0	34,5	62,1	47,7
9. Фон + NKP PK-удобрение – последействие	24,3	44,3	42,0	27,3	37,7	60,3	52,1

Окончание табл. 1

Вариант (среднегодовая доза минеральных удобрений)	Продуктивность, ц/га к.ед.						
	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.
10. Фон + N _{67,3} K _{85,3}	29,9	71,9	37,0	32,6	49,2	87,8	70,2
11. Фон + NKP _{c.a.} — последствие	29,8	46,0	36,3	26,7	38,7	65,7	40,4
12. Фон + NKP _{аммофос} — последствие	33,3	49,5	42,1	29,8	41,0	66,4	39,2
13. Фон + P _{c.a.40}	26,1	47,6	34,5	35,3	43,3	73,6	50,8
14. Фон + N _{67,3} P ₄₀	32,5	71,4	34,2	38,4	54,6	101,6	83,3
15. Фон + K _{85,3} P _{c.a.40}	30,1	69,4	31,7	32,9	44,1	90,0	72,2
16. Фон + N _{67,3} HCP ₀₅	33,0	70,2	37,1	36,0	55,0	96,1	69,2

2. Плодородие почв и применение удобрений

При последействии фосфорных удобрений, т.е. при внесении парной комбинации $N_{67,3}K_{85,3}$, среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур за последние 15 лет формировалась на уровне 50,9 ц к.ед./га (вар. 3), в варианте без фосфора с 1991 г. (вар. 10) – 49,6 ц к.ед./га, прибавка к фону (последействие навоза КРС) составила 15,8 и 14,5 ц к.ед./га. Недобор продукции по отношению к варианту с применением полного минерального удобрения составил 8,2 и 9,5 ц к.ед./га (табл. 1).

При последействии NKP_{af} (вар. 8), $NKP_{PK\text{-удобрения}}$ (вар. 9) и NKP_{ca} (вар. 11) продуктивность оставалась практически на одном уровне – 36,9, 36,8 и 37,1 ц к.ед./га, недобор кормовых единиц составил 22,2, 22,3 и 22,0 ц/га, а прибавка за счет последействия минеральных удобрений – 1,8, 1,7 и 2,0 ц к.ед./га соответственно. При последействии NKP_{cd} (вар. 4), $NKP_{\text{полифосфата Ca}}$ (вар. 5) и NKP_{Af} (вар. 12) получена продуктивность 39,4, 38,4 и 37,7 ц к.ед./га соответственно, что несколько выше, чем в предыдущих вариантах, однако недобор продукции по отношению к оптимальной продуктивности составил 19,7, 20,7 и 21,4 ц к.ед./га.

При внесении парной комбинации $P_{40}K_{85,7}$ среднегодовая продуктивность сельскохозяйственных культур составила 46,8 ц к.ед./га, что на 12,3 ц к.ед./га меньше, чем при применении полной дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$. При применении одинарной дозы азотного удобрения $N_{67,3}$ среднегодовая продуктивность была на 6,6 ц к.ед./га меньше, чем при внесении полной дозы $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$, и на 5,7 и 1,6 ц к.ед./га больше, чем при применении $N_{67,3}P_{40}$ (55,2 ц к.ед./га) и $N_{67,3}K_{85,7}$ (50,9 ц к.ед./га) соответственно (табл. 1).

Для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия существенное значение имеет расчет баланса элементов питания.

При отсутствии или очень низком уровне поступления элементов питания с удобрениями баланс их в почве характеризуется большой напряженностью. Отчасти он восполняется за счет веществ, высвобождающихся при разложении послеуборочных остатков, однако количество этих веществ чаще всего не компенсирует вынесенное с урожаем. При этом по мере истощения почв ухудшается развитие растений и снижаются масштабы поступления в почву растительных остатков, поэтому главную роль в этом случае будет играть способность самой почвы восполнять дефицит доступных форм элементов питания за счет потенциальных резервов.

В соответствии с методикой, разработанной в Институте почвоведения и агрохимии [8], был рассчитан баланс фосфора и калия. В приходную статью включено поступление калия (K_2O – 11,8) и фосфора (P_2O_5 – 1,8) с осадками и семенами, а также с минеральными удобрениями. В статью расхода включены инфильтрация и выносы калия и фосфора сельскохозяйственными культурами (табл. 2 и 3).

Баланс по калию в вариантах без удобрений с 1987 г. и с последействием органических (120 т/га) – последнее внесение 40 т/га осенью 1995 г. – отрицательный и практически на одном уровне – 66,6 и 71,9 мг/кг почвы при снижении содержания калия на 71 и 72 мг/кг соответственно. При последействии только калийных удобрений в варианте с внесением $N_{67,3}P_{40}$ баланс по калию отрицательный – 112,1 кг/га (при снижении содержания в почве на 144 мг/кг). При внесении

только фосфорных удобрений (последействие азотных и калийных удобрений с 1999 г.) баланс по калию отрицательный – 97,4 кг/га (при фактическом снижении содержания калия в почве на 140 мг/кг). При внесении только одних азотных ($N_{67,3}$) удобрений и оценке последействия фосфорных и калийных удобрений отрицательный баланс калия еще больше возрастал – до 119,8 кг/га, при снижении содержания в почве на 156 мг/кг. Необходимо отметить, что баланс по калию был отрицательный даже при внесении калийных удобрений в дозах $K_{43-85,3}$ на фоне $N_{67,3}P_{20,40}$. Максимальное снижение содержания калия в почве на 144, 145 и 156 мг/кг отмечено при последействии калийных удобрений (при применении $N_{67,3}P_{40}$), при последействии $NKP_{PK\text{-удобрение}}$ и при последействии РК (при внесении $N_{67,3}$). В этих же вариантах наблюдался и самый большой отрицательный баланс по калию – 112,1 и 119,8 кг/га (табл. 2).

Таблица 2
Баланс и изменение содержания калия в дерново-подзолистой
супесчаной почве за период 1999–2013 гг.

Вариант опыта	Калий, кг/га		Баланс ±	Изменение K_2O в почве, мг/кг		
	приход	вынос		1998 г.	2013 г.	2013–1998 гг. +/−
1. Без удобрений	11,8	78,4	-66,6	148	77	-71
2. Последействие 120 т/га навоза КРС – фон	11,8	83,7	-71,9	149	77	-72
3. Фон + $N_{67,3}K_{85,3}$	97,1	118,4	-21,3	228	167	-61
4. Фон + $NKP_{с.д.}$ – последействие	11,8	101,8	-90,0	226	105	-121
5. Фон+ $NKP_{полифосфат Ca}$ – последействие	11,8	95,2	-83,4	228	93	-135
6. Фон + $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$	97,1	129,5	-32,4	197	151	-46
7. Фон + $N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$	54,5	115,2	-60,7	202	123	-79
8. Фон + $NKP_{аммоfosfат}$ – последействие	11,8	96,8	-85,0	214	107	-107
9. Фон + $NKP_{PK\text{-удобрение}}$ – последействие	11,8	102,5	-90,7	236	91	-145
10. Фон + $N_{67,3}K_{85,3}$	97,1	127,6	-30,5	230	141	-89
11. Фон + $NKP_{с.а.}$ – последействие	11,8	104,5	-92,7	222	102	-120

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 2

Вариант опыта	Калий, кг/га		Баланс ±	Изменение K ₂ O в почве, мг/кг		
	Приход	Вынос		1998 г.	2013 г.	2013–1998 гг. +/-
12. Фон + NKP _{аммофос} – последействие	11,8	107,8	-96,0	223	86	-137
13. Фон + P _{c.a.40}	11,8	109,2	-97,4	204	64	-140
14. Фон + N _{67,3} P ₄₀	11,8	123,9	-112,1	204	60	-144
15. Фон + K _{85,3} P _{c.a.40}	97,1	129,1	-32,0	215	182	-33
16. Фон + N _{67,3}	11,8	131,6	-119,8	218	62	-156

Баланс фосфора также отрицательный почти во всех вариантах с последействием – от -0,5 до -40,5 кг/га, а положительный – только при одностороннем внесении P₄₀ – +3,5 кг/га (табл. 3).

Анализ динамики содержания в почве подвижного (по Кирсанову) фосфора за 15 лет показал, что оно изменялось в зависимости от возделываемой культуры, погодных условий, доз и соотношений минеральных удобрений. Содержание фосфора за период исследований снизилось во всех вариантах. Максимальное снижение фосфора на 109 мг/кг почвы отмечено при внесении N_{67,3}, на 103–106 мг/кг почвы – при последействии NKP_{полифосфат Ca}, NKP_{c.a.}, NKP_{РК-удобрения} (табл. 3).

В варианте без удобрений с 1987 г. содержание фосфора снизилось за период 1999–2013 гг. на 64 мг/кг почвы. Аналогичные изменения содержания фосфора отмечены в фоновом варианте при последействии органических и минеральных удобрений (снижение P₂O₅ на 60 мг/кг почвы) и при внесении N_{67,3}K_{85,3} (вар. 3) – снижение фосфора произошло на 66 мг/кг почвы.

При внесении полной дозы минеральных удобрений N_{67,3}P₄₀K_{85,3} и продуктивности 59,1 ц. к.ед./га баланс по калию и фосфору был отрицательный на 32,4 и 3,6 кг/га при снижении калия и фосфора на 46 и 76 мг/кг почвы, что свидетельствует о недостаточной дозе фосфорных и калийных удобрений.

Содержание фосфора и калия за последние 15 лет как в вариантах с внесением минеральных удобрений, так и при их отсутствии снизилось на 60–109 и 33–156 мг/кг почвы соответственно (табл. 2 и 3).

Судя по динамике содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве (рис. 1), через 4 года после прекращения внесения фосфорных удобрений оно достигло уровня в контрольном варианте на начало опыта и на протяжении последующих 4 лет (2005–2009 гг.) сохранялось на этом уровне (108–112 мг/кг почвы).

Таблица 3

Баланс и изменение содержания фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве за период 1999–2013 гг.

Вариант опыта	Фосфор, кг/га		Баланс +	Изменение P_2O_5 в почве, мг/кг		
	приход	вынос		1998 г.	2013 г.	2013–1998 г. +
1. Без удобрений	1,8	30,3	-28,5	116	52	-64
2. Последействие 120 т/га навоза – фон	1,8	33,3	-31,5	108	48	-60
3. $N_{67,3}K_{85,3}$	1,8	42,3	-40,5	105	39	-66
4. NKP_{cd} – последействие	1,8	36,4	-34,6	152	55	-97
5. $NKP_{\text{полифосфат Ca}}$ – последействие	1,8	36,3	-34,5	170	67	-103
6. $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$	41,8	45,4	-3,6	161	85	-76
7. $N_{32,7}P_{20}K_{42,7}$	21,8	37,8	-16,0	159	59	-100
8. NKP_{af} – последействие	1,8	32,8	-31,0	168	82	-86
9. $NKP_{PK-\text{удобрение}}$ – последействие	1,8	35,7	-33,9	178	72	-106
10. $N_{67,3}K_{85,3}$	1,8	39,2	-37,4	154	67	-87
11. $NKP_{ca.}$ – последействие	1,8	33,1	-31,3	174	69	-105
12. NKP_{Af} – последействие	1,8	34,0	-32,2	167	80	-87
13. $P_{ca.40}$	41,8	38,3	3,5	178	97	-81
14. $N_{67,3}P_{40}$	41,8	42,9	-1,1	173	88	-85
15. $K_{85,3}P_{40}$	41,8	42,3	-0,5	176	86	-90
16. $N_{67,3}$	1,8	36,4	-34,6	166	57	-109

2. Плодородие почв и применение удобрений

Урожайность возделываемых в опыте сельскохозяйственных культур в этот период также приблизилась к уровню урожайности в контрольном варианте. Следовательно, можно считать, что длительность последействия фосфорных удобрений в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы составляет 4 года.

Длительность последействия калийных удобрений только на один год ниже, чем фосфорных (рис. 2). Уже на третий год после прекращения внесения калийных удобрений содержание подвижного калия уменьшилось от 228 мг/кг (1998 г.) до 148 мг/кг, т.е. до уровня в контрольном варианте в 1998 г. В дальнейшем содержание подвижного калия в почве продолжало снижаться как в варианте без удобрений, так и при изучении последействия калийных удобрений – до 77 и 100 мг/кг почвы соответственно. Динамика подвижного калия по годам исследований показала, что содержание его в почве в варианте без минеральных и органических удобрений за первые 12 лет (1987–1998 гг.) снизилось на 79 мг/кг почвы (6,6 мг/кг почвы ежегодно) и на 71 мг/кг почвы (4,7 мг/кг почвы ежегодно) за последующие 15 лет (1999–2013 гг.). С 2004 г. по 2013 г. содержание калия в варианте без удобрений изменялось практически в пределах ошибки опыта и анализа (81–96–67–77 мг/кг), т.е. ниже величины НСР (25,6–45,6).

Таким образом, длительность последействия калийных удобрений составила 3 года. Через 15 лет после прекращения внесения калийных удобрений содержание подвижного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве снизилось до 60–107 мг/кг (в контрольном варианте – 77 мг/кг почвы).

Чем больше содержание калия и фосфора в почве в начале исследований, тем интенсивнее происходило его снижение при последействии.

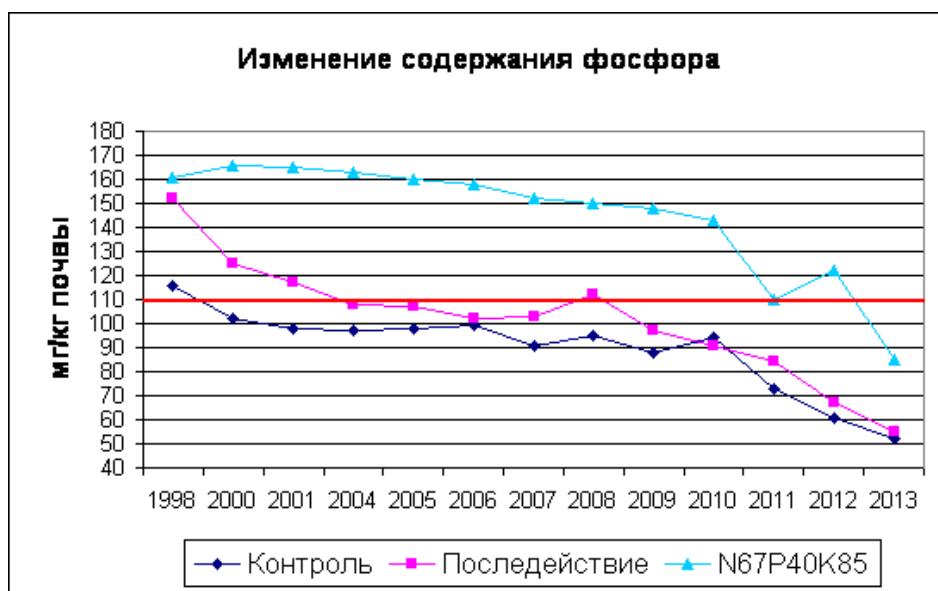


Рис. 1. Динамика содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве

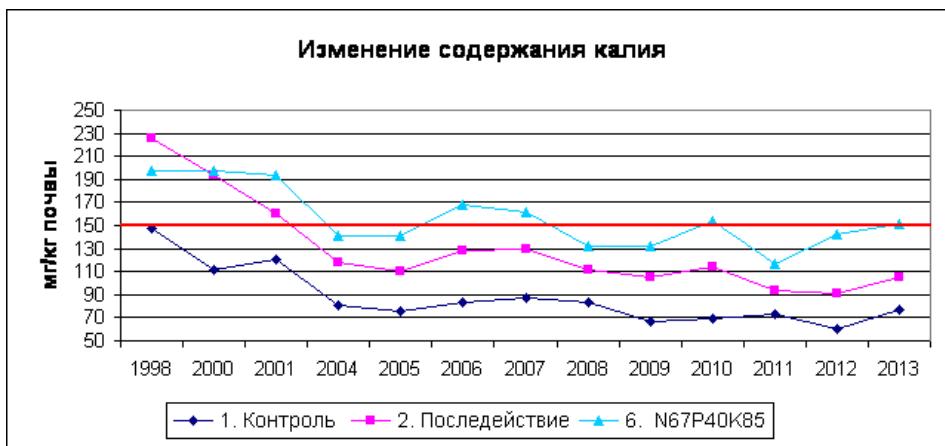


Рис. 2. Динамика содержания подвижного калия
в дерново-подзолистой супесчаной почве

Содержание гумуса за 15 лет достоверно снизилось во всех вариантах опыта на 0,21–0,49%. Причем минимальное снижение гумуса обнаружено в вариантах с внесением азотных удобренений – 0,19%, фосфорных – 0,23% и без удобрений – 0,21%. Максимальное снижение гумуса на 0,42–0,49% отмечено в вариантах со среднегодовым внесением: $N_{67,3}K_{85,7}$ (последействие фосфора) – на 0,42%; $N_{67,3}P_{40}$ (последействие калия) – на 0,48% и при последействии с 1998 г. $N_{87}K_{98}P_{53}$ с.д. – на 0,49% (табл. 4).

Таблица 4
Динамика содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Динамика содержания гумуса по годам, %									2013–1998 гг., +
	1998 г.	2000 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2013 г.	
1. Без удобрений	2,36	2,35	2,36	2,33	2,39	2,34	1,98	2,10	2,15	-0,21
2. Последействие НКРС – фон	2,44	2,41	2,45	2,34	2,28	2,26	2,29	2,35	2,06	-0,38
3. $P_{c.a.40}$	2,46	2,46	2,36	2,34	2,39	2,28	1,90	2,09	2,23	-0,23
4. $N_{67,3}$	2,51	2,55	2,51	2,43	2,39	2,57	2,33	2,41	2,32	-0,19
5. $N_{67,3}P_{40}$	2,65	2,46	2,40	2,39	2,42	2,41	2,35	2,26	2,17	-0,48
6. $N_{67,3}K_{85,7}$	2,61	2,51	2,67	2,42	2,52	2,40	2,07	2,17	2,19	-0,42

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 4

Вариант	Динамика содержания гумуса по годам, %									+/- 2013–1998 гг.
	1998 г.	2000 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2013 г.	
7. $N_{67,3}P_{40}K_{85,7}$	2,45	2,50	2,43	2,38	2,31	2,50	2,15	2,27	2,13	-0,32
8. NKP _{полифосфат Ca} – последействие	2,50	2,51	2,39	2,41	2,32	2,42	2,11	1,97	2,24	-0,26
9. NKP _{с.д.} – последействие	2,64	2,63	2,45	2,39	2,43	2,44	2,23	2,25	2,15	-0,49
10. P ₄₀ K _{85,7}	2,63	2,61	2,56	2,43	2,36	2,45	2,21	2,29	2,28	-0,35
HCP ₀₅	0,33	0,35	0,34	0,33	0,32	0,32	0,40	0,32	0,39	0,11

ВЫВОДЫ

При возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой супесчаной почве без применения удобрений в течение 15 лет получена среднегодовая продуктивность 33,0 ц к.ед./га при снижении содержания в почве гумуса на 0,21% и подвижных: фосфора – на 64 мг/кг, или на 4,3 мг/кг почвы ежегодно; калия – на 71 мг/кг, или на 4,7 мг/кг почвы ежегодно.

При внесении среднегодовой дозы минеральных удобрений $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$ на фоне последействия органических (последнее внесение – осень 1995 г.) получена максимальная в опыте за 15 лет (с 1999 г.) среднегодовая продуктивность – 59,1 ц к.ед./га. Содержание фосфора и калия в почве за этот период уменьшилось на 76 и 46 мг/кг соответственно (ежегодное снижение фосфора на 5, калия – на 3,1 мг/кг почвы).

При внесении половины дозы минеральных удобрений на уровне 50% компенсации выноса с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур ($N_{33}P_{20}K_{43}$) на фоне последействия навоза КРС (18 лет) среднегодовая продуктивность составила 49,5 ц к.ед./га, что на 9,6 ц к.ед./га меньше, чем при внесении оптимальной дозы. Содержание фосфора и калия в почве за 15 лет (с 1999 г.) снизилось на 60 и 72 мг/кг соответственно (ежегодное снижение фосфора – 4,0, калия – 4,8 мг/кг).

Полученные данные свидетельствуют о том, что среднегодовое применение фосфорных удобрений в дозе 20 и 40 кг/га д.в. недостаточно для сохранения содержания фосфора в почве. Среднегодовые дозы калийных удобрений 43 и 86 кг д.в./га также не обеспечивают необходимое содержание калия в дерново-подзолистой супесчаной почве.

При внесении парных комбинаций NP и NK наблюдается более интенсивная деградация дерново-подзолистой супесчаной почвы по содержанию фосфора и

калия, снижение которых в почве составило 66–87 и 89–144 мг/кг соответственно, при недоборе продуктивности 3,9–9,5 ц к.ед./га при сравнении с оптимальной в опыте дозой $N_{67,3}P_{40}K_{85,3}$.

При последействии органических удобрений с 1995 г. среднегодовая продуктивность за 15 лет (с 1999 г.) составила 35,1 ц к.ед./га, что на 2,1 ц к.ед./га больше, чем при отсутствии минеральных и органических удобрений с 1987 г. Содержание подвижного фосфора в почве за этот период уменьшилось на 60 мг/кг (4 мг/кг ежегодное снижение) и стало ниже уровня 1986 г. (87 мг/кг). Содержание подвижного калия за 15 лет уменьшилось на 72 мг/кг почвы (4,8 мг/кг ежегодное снижение).

К очень интенсивному истощению почвы подвижными формами фосфора и калия приводит одностороннее применение азотных удобрений. Как показали результаты проведенных исследований, за 15 лет содержание фосфора в почве уменьшилось на 109 мг/кг, калия – на 156 мг/кг почвы. За 15-летний период содержание фосфора снизилось в 2,9 раза, содержание калия – в 3,5 раза по сравнению с 1998 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапа, В.В. Удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почв – состояние и перспективы / В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 38–42.
2. Минеев, В.Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последействии / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова // Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 5–10.
3. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / под общ. ред. А.А. Попкова. – Минск, 2001. – 308 с.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Минск.: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
5. Тарасенко, С.А. Изменение плодородия дерново-подзолистых почв при применении органо-минеральных систем удобрения / С. А. Тарасенко // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1(36). – С. 124–131.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разраб.: В.Г. Гусаков и [др.]. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 460 с.
7. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
8. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.

DURATION AFTEREFFECT OF RESIDUAL QUANTITIES OF PHOSPHORIC AND POTASH FERTILIZERS

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, A.A. Gracheva

Summary

The data on speed of agrochemical degradation of sod-podzolic loamy sand soil depending on productivity of agricultural crops and level of fertilization are presented.

Поступила 02.05.14

УДК 631.8:631.45:631.559

СТРУКТУРА СЕВООБОРОТОВ, ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, УДОБРЕНИЕ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

А.В. Демиденко¹, Ю.И. Крывда², В.А. Величко³

¹Черкасская государственная сельскохозяйственная опытная станция
ННЦ «Институт земледелия НАН»,

пос. Холоднянское, Черкасская обл., Украина

²Черкасский филиал ГУ «Институт охраны почве Украины»,
пос. Холоднянское, Черкасская обл., Украина

³ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,
г. Харьков, Украина

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях в АПК Украины и Черкасской области важное значение приобретают структура посевных площадей, система удобрения и способ обработки почвы как факторы оптимизации режима увлажнения, баланса органического вещества и элементов питания сельскохозяйственных культур в севооборотах в плане влияния на повышение плодородия и продуктивности агроценозов Левобережной Лесостепи Украины [1, 2, 3]. Повышение плодородия почв является необходимым условием для внедрения передовых агротехнологий при рациональном использовании зональных почвенно-климатических ресурсов, средств интенсификации и системы севооборотов. Баланс питательных веществ и гумуса в значительной степени определяется соблюдением научно обоснованных севооборотов, а состав и соотношение культур в севообороте обуславливают выход органического вещества растительных остатков на единицу севооборотной площади и количественные показатели воспроизводства гумуса в условиях недостаточно развитого животноводства [4, 5, 6, 7].

Цель исследований: дать оценку состояния черноземов Центральной Лесостепи Украины, где географически находится Черкасская область, и показать значение севооборота, удобрения и обработки почвы для воспроизведения плодородия при использовании различных видов органических удобрений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в условиях государственной опытной станции ННЦ «Институт земледелия НАН». Опыт заложен в Драбовском агропочвенном районе лесостепной зоны Левобережной низменной провинции северной подпровинции на черноземах типичных малогумусных легкосуглинистых мулловато-пылеватых. Показатель структурности (ПС): ПС = 25–38%. Соотношение ФП к ФГ: 1,76–2,52. Агрохимические показатели в слое почвы 0–20 см: содержание гумуса – 3,86–3,98%; активная кислотность – $pH_{\text{сп}} = 6,4$ –6,7; гидролитическая кислотность – 0,9–1,01 мг-экв/100 г почвы; сумма поглощенных оснований – 30–31 мг-экв/100 г почвы; содержание подвижных фосфатов – 12–14 мг/100 г почвы; обменного калия – 12–15 мг/100 г почвы.

Сравнительная оценка эффективности различных видов органических удобрений проводилась в 10-польном севообороте: 50% зерновых, 10% зернобобовых, 20% пропашных, 20% кормовых. Чередование культур: многолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на зерно – горох – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – озимая пшеница – ячмень + многолетние травы. Система удобрения: $N_{40}P_{36}K_{40}$ +6,0 т/га навоза (10 лет до 2001 г.); $N_{40}P_{36}K_{40}$ +7,0 т/га побочной продукции (2001–2010 гг.). Система обработки почвы: дифференцированная.

В 5-польных севооборотах (2001–2010 гг.): с насыщением зерновыми культурами до 60%, в т.ч. горохом – до 20%, кукурузой – до 20% (горох – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза – кукуруза); с насыщением зерновыми – до 60%, техническими – до 20% и многолетними травами – до 20% (многолетние травы – озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза – ячмень + подсев многолетних трав). Система удобрения: контроль без внесения минеральных удобрений + 5 т/га побочной продукции; $N_{31}P_{33}K_{41}$ +7 т/га побочной продукции; $N_{64}P_{66}K_{82}$ +7 т/га побочной продукции. Система обработки почвы: вспашка – на 22–25 см; безотвальное рыхление – на 22–25 см; поверхностная обработка – на 10–12 см. Площадь делянок – 120 м², учетная – 100 м². Повторность определения – 3-кратная.

Агрохимическое состояние почв Черкасской области исследовано Черкасским филиалом государственного учреждения «Институт охраны почв Украины». Балансовые расчеты органического вещества и питательных элементов в почвах АПК Черкасской области и в исследуемых севооборотах в стационарном опыте проведены общепринятыми методами для почв черноземного типа на Украине [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За последние 20 лет (по данным Департамента АПР Черкасской области) зерновые культуры в структуре посевых площадей составляют 60,3–62,0% от общей посевной площади. В структуре зерновых культур на кукурузу приходится

2. Плодородие почв и применение удобрений

45–65%, на озимые зерновые – 20–32%. Между площадями посева зернобобовых, кормовых культур и содержанием гумуса в почвах области выявлена прямая сильная зависимость ($R = +0,69\text{--}0,71 \pm 0,03$, $R^2 = 0,47\text{--}0,50$), а между площадями посева сои, подсолнечника, кукурузы и рапса зависимость обратная: $R = -0,69\text{--}0,91 \pm 0,03$, $R^2 = 0,47\text{--}0,83$. Увеличение площадей посева кукурузы на зерно формирует обратную связь с содержанием гумуса: $R = -0,83\text{--}0,85 \pm 0,03$, $R^2 = 0,69\text{--}0,72$, а между площадями посева озимых зерновых и содержанием гумуса в почве зависимость прямая на уровне сильной корреляции: $R = +0,69 \pm 0,03$, что свидетельствует о проблематичности воспроизведения содержания гумуса в почвах в ближайшей и отдаленной перспективах в связи с нарушением оптимальности соотношения культур в структуре посевных площадей. За последние 50 лет в АПК Черкасской области положительный баланс органического вещества был достигнут в период 1975–1990 гг. благодаря внесению 9–11 т/га органических удобрений, наличии в структуре посевов более 10% многолетних трав и внесению 175–190 кг/га действующего вещества минеральных удобрений.

Под урожай 2010–2012 гг. в АПК Черкасской области было внесено около 1134,4 тыс. т (в среднем по 1,2 т/га) органических удобрений, что является третьим показателем по Украине, где насыщенность пашни органическими удобрениями составила 0,52 т/га. В современных условиях в сельскохозяйственном производстве навоз практически полностью заменен на побочную продукцию растениеводства, что требует дополнительного изучения, оценки и научного обоснования. За последние годы вносится примерно 106,8 кг/га действующего вещества минеральных удобрений на площади около 810 тыс. га. Часть удобренной площади по всем культурам составила 85,9%. Под зерновые и зернобобовые культуры было внесено по 116 кг/га минеральных удобрений на 90,6% посевых площадей, под технические культуры – по 104 кг/га на 83%, под кормовые культуры – по 48 кг/га на 63,9% посевых площадей. Под сахарную свеклу – 356 кг/га д.в. NPK, а часть удобренной площади составила 98,2%. Всего сельскохозяйственными предприятиями области внесено около 100 тыс. т питательных веществ минеральных удобрений, в том числе азотных – 67,718 (67,7%), фосфорных – 15,479 и калийных – 17,446 тыс. т, что в пересчете на 1 га посевной площади составило 106,8 кг NPK (азота – 72 кг, фосфора – 16 кг, калия – 19 кг). Дефицит баланса элементов питания составил –22,7 кг/га (–9,4 N; –11,4 P; –2,0 K). Анализ интенсивности баланса элементов питания показывает, что за счет недовнесения минеральных удобрений они были возвращены в почву на 86%. Если сравнить стоимость вынесенных элементов питания урожаем с ценами на минеральные удобрения на конец 2012 г., то общий «кредит» за счет невозвращенных почве элементов питания составляет 294 грн./га (больше 30\$ на 1 га). Внесение навоза за последние годы не превышает 1–1,2 т/га севооборотной площади, а в качестве органических удобрений используется побочная продукция растениеводства.

Исследования показали, что в зернопропашном 10-польном севообороте без внесения минеральных удобрений с полным изъятием побочной продукции баланс органического вещества был более дефицитным (на –2,93 т/га) по сравнению с периодом, когда на поле оставалась вся побочная продукция (2001–2010 гг.). Интенсивность баланса органического вещества при полном изъятии побочной

продукции составляла 25%, а с оставлением ее на месте выращивания – 77%, что свидетельствует о высокой эффективности использования нетоварной части урожая в качестве органических удобрений, хотя баланс органического вещества соответствовал убывающему плодородию. Внесение навоза на фоне минеральных удобрений (6 т/га + N₄₅P₃₆K₄₀) уменьшило дефицитность баланса органического вещества до –5,6 т/га, на 20% по сравнению с контролем без удобрений. При замене навоза на побочную продукцию (7 т/га + N₄₅P₅₅K₄₅) происходит рост дефицитности баланса органического вещества в севообороте на 37%. Интенсивность баланса в обоих случаях составляла 69–70%.

В 5-польных севооборотах (2001–2010 гг.) с насыщением зерновыми культурами до 60%, в т.ч. горохом – до 20%, кукурузой – до 20%, при оставлении на месте выращивания 5 т/га побочной продукции более дефицитным баланс органического вещества был при глубоком безотвальном рыхлении, а менее дефицитным (в 1,44–2,20 раза) – при поверхностной обработке, как после первой, так и второй ротации культур. Внесение средней дозы минеральных удобрений (N₃₁P₃₃K₄₁) на фоне 7 т/га побочной продукции обеспечило формирование положительного баланса органического вещества при глубоком безотвальном рыхлении и поверхностной обработке, тогда как при вспашке формируется его дефицитный баланс. За две ротации культур в севообороте при поверхностной и безотвальной обработке почвы баланс органического вещества составил – + 0,41 – + 0,52 т/га и + 0,55 – + 0,83 т/га соответственно. При вспашке баланс органического вещества был более дефицитным: –0,86 – –1,16 т/га.

При внесении повышенной дозы минеральных удобрений (N₆₂P₆₆K₈₁) на фоне 7 т/га побочной продукции складывается бездефицитный баланс органического вещества как при вспашке, так и при безотвальной и поверхностной обработке почвы. При завершении второй ротации при глубоком и мелком безотвальном рыхлении баланс органического вещества был выше, чем при вспашке в 1,54–1,67 раза.

В 5-польном зерно-пропашном севообороте с насыщением зерновыми до 60%, техническими – до 20% и многолетними травами – до 20% без внесения минеральных удобрений и оставлением побочной продукции в количестве 5 т/га баланс органического вещества имел дефицитный характер независимо от способа обработки почвы. По окончании второй ротации он был более дефицитный – в 2,21 и 1,69 раза по сравнению с безотвальной и поверхностной обработкой почвы. В сравнении с севооборотом с горохом при аналогичной системе удобрения дефицитность баланса органического вещества при поверхностном и безотвальном рыхлении была в 3,18 и 1,11 раза меньшей, тогда как при вспашке возрастила в 1,10 раза.

При внесении средней дозы минеральных удобрений (N₃₁P₃₃K₄₁) на фоне 7 т/га побочной продукции создается бездефицитный баланс органического вещества независимо от способа обработки чернозема. При безотвальном рыхлении бездефицитность баланса была выше +1,27 – +1,42 т/га, что соответствует условиям расширенного воспроизводства плодородия, тогда как при поверхностной обработке и вспашке формируется баланс, который отвечает простому воспроизведству плодородия. При внесении двойной дозы минеральных удобрений (N₆₂P₆₆K₈₁) на фоне 7 т/га побочной продукции положительность баланса

2. Плодородие почв и применение удобрений

органического вещества при вспашке и безотвальном рыхлении возрастила как по отношению к одинарной дозе минеральных удобрений с многолетними травами, так и по отношению к севообороту с горохом: в 1,44–1,56 раза в первом и в 1,87–1,73 раза – во втором случае. При поверхностной обработке почвы баланс органического вещества отвечал простому воспроизведству плодородия чернозема, хотя его положительность выросла в 1,88 раза относительно одинарной дозы удобрений, но осталась меньшей в 2,66 раза в сравнении с двойной дозой минеральных удобрений в севообороте с горохом.

Замена навоза на побочную продукцию существенно повлияла на баланс элементов питания в исследуемых севооборотах. Сравнительный анализ баланса элементов питания в 10-польном зернопропашном севообороте проведен за два периода: 1-й период, когда вносились $N_{40}P_{36}K_{40}$ + 6,0 т/га навоза, и 2-й период, когда вносились $N_{45}P_{55}K_{45}$ + 7 т/га побочной продукции на 1 га севооборота. Так, интенсивность баланса азота в первый период составляла 53%, а во второй – 69%, что привело к формированию дефицитного баланса азота на уровне –31 – –41 кг/га. При внесении минеральных удобрений интенсивность баланса азота возрастила до 89–92%, что снизило дефицитность азота при внесении навоза в 3,7 раза, а при оставлении побочной продукции – в 1,7 раза (табл. 1).

Интенсивность баланса фосфора на контроле без внесения минеральных удобрений составила 29% (1 период) и 45% при оставлении побочной продукции (2 период), что в 1,56 раза эффективнее. При этом сформировался дефицитный баланс фосфора на уровне –14 – –17 кг/га. При внесении минеральных удобрений интенсивность баланса фосфора возрастила в 5 раз, при внесении навоза – в 3,34 раза при оставлении побочной продукции на месте выращивания. Баланс фосфора в обоих случаях был бездефицитный, но при внесении навоза на фоне минеральных удобрений положительность баланса была выше в 3,6 раза. Интенсивность баланса калия в 10-польном севообороте при оставлении побочной продукции без внесения минеральных удобрений была в 3,6 раза выше, чем при полном изъятии побочной продукции без минеральных удобрений, что повлияло на снижение дефицитности баланса калия, в первом случае – на 10 кг/га. При внесении навоза и оставлении побочной продукции на фоне минеральных удобрений интенсивность баланса калия в первом случае возросла в 6,74 раза, а во втором – в 2,66 раза, что повлияло на баланс калия, который был положительным как при внесении навоза, так и при оставлении побочной продукции (табл. 1).

При использовании побочной продукции в качестве органических удобрений вынос азота снижается в 1,22 раза, а при внесении минеральных удобрений – в 1,13 раза, фосфора – в 1,17 и 1,05 раза; калия – в 1,09 и 1,03 раза относительно периода с внесением навоза. Суммарный вынос NPK без внесения минеральных удобрений снизился в 1,17 раза, а при внесении минерального питания – в 1,08 раза. При замене навоза на побочную продукцию на фоне минерального питания вынос азота, фосфора и калия был одинаковым: 52–55% азота, 14–17% фосфора и 29–32% калия, а соотношение элементов питания составило: 1,5–1,7(N): 0,4–0,5 (P): 1 (K) без минеральных удобрений и 1,8–1,9 (N): 0,5 (P): 1 (K) при внесении органических удобрений на фоне минерального питания (табл. 2).

Таблица 1

Сравнительный баланс элементов питания в 10-польном зернопропашном севообороте при замене навоза на побочную продукцию для условий Левобережной Лесостепи Украины

Статты баланса	Система удобрения	N		P_2O_5		K_2O		ΣNPK	
		**период внесения навоза	— — — — — — — — — —	**период внесения навоза	— — — — — — — — — —	**период внесения навоза	— — — — — — — — — —	**период внесения навоза	— — — — — — — — — —
кг на 1 га	Без удобрений	—44	—31	—17	—14	—56	—47	—118	—90
	$N_{40}P_{36}K_{40}+6,0$ т/га навоза	—12	—18	+18	+5	0	—7	+6	0
* I_6 , %	5 т/га побочкой продукции	53,0	69,0	29,0	45,0	15,0	35,0	36	54
	$N_{45}P_{55}K_{45}+7$ т/га побочкой продукции	92,0	89,0	143	150	101	93,0	151	162

Примечания. 1. I_6 % – интенсивность баланса. 2. 1964–1973 гг.

Вынос азота, фосфора и калия сельскохозяйственными культурами в 10-польном зернопропашном севообороте для условий Левобережной Лесостепи Украины, кг/га на абсолютную сухое вещество

Система удобрения	Надземной массой					Растительными остатками			Всего		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	Σ	
*период внесения навоза											
Без удобрений	920	243	603	277	55	117	1197	54%	298	724	
										2219	
$N_{40}P_{36}K_{40}+6,0$ т/га навоза	1327	419	806	420	95	145	1747	55%	513	951	
										3211	
2001–2010 гг.											
5 т/га побочкой продукции	607	172	271	374	83	393	981	52%	255	665	
										1901	
$N_{45}P_{55}K_{45}+7$ т/га побочкой продукции	993	336	384	563	161	542	1555	53%	497	926	
										2978	
Примечание. 1964–1973 гг.										100%	

2. Плодородие почв и применение удобрений

В 5-польном севообороте с горохом без внесения удобрений общий вынос азота, фосфора и калия составил 1101 кг/га, а при внесении удобрений вынос увеличился в 2,1 раза. В севообороте с травами общий вынос макроэлементов без внесения удобрений снизился в 1,3 раза, а при внесении удобрений вырос в 1,2 раза. В севообороте с горохом основной продукцией выносилось 44% элементов питания, тогда как в севообороте с травами – 45–53,8% от общего выноса. На побочную продукцию приходился 41% выноса в первом случае и 25,6–32,7% – во втором.

Пожнивные и корневые остатки содержали в себе 14,9% и 19,3–20,6% макроэлементов от общего выноса соответственно севооборотами. В целом нетоварной частью урожая выносилось 56% макроэлементов в севообороте с горохом и 46–52% – в севообороте с травами, что свидетельствует о достаточном резерве элементов питания при использовании нетоварной части урожая в качестве органического удобрения. Сопоставление основных статей выноса и поступления баланса питательных веществ в севооборотах различного типа показывает, что количество внесенных удобрений не компенсирует вынос макроэлементов питания при формировании урожая культур. Так, в севообороте с травами без внесения удобрений баланс составил –488 кг/га, а при внесении удобрений – –491 кг/га, или –97,6 и –113 кг/га ежегодно. В севообороте с травами без внесения удобрений дефицитность баланса макроэлементов была на уровне севооборота с горохом и в 1,3 раза меньше при внесении удобрений.

Возвращение всей нетоварной части урожая обеспечивало положительность баланса элементов питания по калию, но его уровень был в 2,9 раза меньше, чем в севообороте с горохом, а дефицитность по азоту и фосфору выросла в 5,2 и 2,5 раза. При внесении удобрений возвращение нетоварной части урожая обеспечивала положительность баланса, которая была ниже в 1,31 раза, а на 1 га севооборота приходилось 20 кг/га азота, 26 кг/га фосфора и 74 кг/га калия.

Установленные особенности формирования баланса органического вещества и макроэлементов питания влияли на урожайность культур в разноротационных севооборотах. Так, максимально типичная урожайность в севообороте с многолетними травами за 2 ротации составила: зерновых – 6,82–7,89 т/га, в т.ч.: озимой пшеницы – 4,99–5,29 т/га, кукурузы – 8,63–10,6 т/га, гороха – 3,17–3,45 т/га, сахарной свеклы – 56,4–61,3 т/га. Отклонение урожайности от максимального до минимального значения составляет: по зерновым – 35%, по озимой пшенице – 48%. Коэффициент вариации урожайности зерновых культур относительно среднего – 30%, озимой пшеницы – 35,3%, кукурузы – 27,7%, гороха и сахарной свеклы – 18,1–19,1%. Выход зерновых единиц составил 5,85 т/га, кормовых – 6,65 т/га, переваримого протеина – 0,47 т/га. Максимально-типичная урожайность в севообороте с горохом: зерновых – 5,55–6,11 т/га, в т.ч.: озимой пшеницы – 4,25–4,54 т/га, кукурузы – 8,8–9,0 т/га, сахарной свеклы – 48,0–53,1 т/га, многолетних трав – 29,3–35,0 т/га. Размах урожайности от максимального значения до минимального составляет по зерновым – 28%, озимой пшенице – 25,4%. Выход зерновых единиц – 4,96 т/га, кормовых – 6,37 т/га, переваримого протеина – 0,46 т/га.

Сравнительная оценка производительности 10-польного зернопропашного севооборота при замене навоза на побочную продукцию показала, что использование побочной продукции как органического удобрения без внесения

минерального питания способствует росту урожайности зерновых культур на 121%, в т.ч. кукурузы – на 147%, сахарной свеклы – на 140%, кукурузы на силос – на 120%. Оставление побочной продукции без внесения минеральных удобрений способствовало росту урожайности зерновых культур на 125%, в т.ч. кукурузы на зерно – на 161%, гороха – на 136%, сахарной свеклы – на 111%. Общий выход з.е. с 1 га севооборота вырос на 117%, а хозяйственный выход – на 115%. При замене 6 т/га навоза на побочную продукцию (7 т/га) с внесением $N_{45}P_{55}K_{45}$ выход з.е. с 1 га вырос на 129%, а хозяйственный выход – на 125% (табл. 3).

Таблица 3
Сравнительная продуктивность 10-польного зернопропашного севооборота при замене навоза на побочную продукцию растениеводства для условий Левобережной Лесостепи Украины

Структура севооборота	%	Урожайность, т/га			
		*период полной утилизации побочной продукции	2001–2010 гг.	*период внесения навоза	2001–2010 гг.
		без удобрений	5 т/га побоч-ной про-дукции	$N_{40}P_{36}K_{40} + 6,0$ т/га навоза	$N_{45}P_{55}K_{45} + 7$ т/га по-бочкой про-дукции
1. Зерновые	50	2,83	3,40	3,93	4,90
Озимая пшеница	30	2,64	2,60	3,78	3,87
Ячмень	10	2,20	2,25	3,21	3,31
Кукуруза на зерно	10	3,66	5,36	4,80	7,72
2. Зернобобовые					
Горох	10	2,20	2,12	2,32	3,14
3. Пропашные					
Сахарная свекла	20	25,3	35,4	32,6	36,2
4. Кормовые					
Кукуруза на силос	20	31,4	37,0	40,1	39,4
Многолетние травы	20	3,61	2,64	3,91	3,63
Выход з.е., т/га		3,74	4,36	4,84	6,21
Хозяйственный выход з.е., т/га		4,56	5,23	5,99	7,46

Примечание. 1964–1973 гг.

2. Плодородие почв и применение удобрений

ВЫВОДЫ

1. Анализ интенсивности баланса элементов питания в АПК области показывает, что за счет недовнесения минеральных удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур элементы питания возвращаются в почву на 82–86% ежегодно. При сравнении стоимости вынесенных элементов питания урожаем с ценами на минеральные удобрения оказалось, что общий «кредит» за счет невозвратенных почве элементов питания составляет 290–295 грн./га (более 30\$) и ежегодно возрастает. Внесение навоза за последние годы не превышает 1–1,2 т/га севооборотной площади, а в качестве органических удобрений используется побочная продукция растениеводства. Снижение плодородия сопровождается нарушением структуры севооборотов – неоправданно возрастают площади посева кукурузы на зерно, сои и подсолнечника, что в комплексе не обеспечивает воспроизводство плодородия почв в АПК Черкасской области Украины.

2. В 10-польном зернопропашном севообороте с насыщением зерновыми до 50%, горохом – до 10%, сахарной свеклой – до 20%, кормовыми культурами – до 40% без внесения минерального питания за счет побочной продукции в количестве 6 т/га обеспечивается рост продуктивности севооборота на 0,62 т/га з.е., а хозяйственный выход увеличивается на 0,67 т/га з.е., или на 117% и 115%. Замена 6 т/га навоза на фоне минерального питания побочной продукцией (7 т/га) с внесением 145 кг д.в. NPK способствует увеличению выхода з.е. на 1,37 т/га, а хозяйственного выхода – на 1,47 т/га, или на 120% и 125%.

3. Использование нетоварной части урожая в качестве удобрений в короткоротационных севооборотах различного типа позволяет компенсировать расход элементов питания из почвы по азоту и фосфору на 70–75%, а по калию происходит 100% компенсация. При внесении удобрений ($N_{31}P_{33}K_{41}$ 1 га с.в. площади) в нетоварной части урожая содержалось достаточное количество элементов питания для достижения положительного баланса по азоту и фосфору: в среднем в севообороте с горохом на 1 га севооборота приходилось 22 кг азота, 33 кг фосфора и 102 кг калия; в севообороте с травами – 20 кг/га азота, 26 кг/га фосфора и 74 кг/га калия. Для обеспечения оптимального удобрения ($N_{33}P_{31}K_{41}$ на 1 га севооборота) необходимо вносить 15–20 кг д.в. азотных удобрений при заделке побочной продукции и 10–15 кг д.в. фосфора при посеве культуры ежегодно.

4. Рост продуктивности севооборота по выходу з.е. с 1 га в период 2001–2010 гг., когда на поле оставляли всю побочную продукцию в количестве 7 т/га на фоне минерального питания (145 кг д.в. NPK), обеспечивается высокой производительностью новых сортов и гибридов кукурузы, свеклы сахарной и гороха. При использовании в качестве органических удобрений побочной продукции показатели баланса органического вещества и питательных элементов в большей мере соответствуют убывающему плодородию, чем при внесении навоза, что свидетельствует о необходимости развития животноводства и использовании навоза, побочной продукции и минеральных удобрений комплексно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демиденко, О.В. Продуктивність п'ятипільних сівозмін залежно від обробітку ґрунту і удобренння та їхня здатність до відтворення родючості чорноземів /

О.В. Демиденко; Мін. АПК, Ін-т рослинництва ім. Юр'єва // Посібник Українського хлібороба. – 2010. – С. 122–126.

2. Демиденко, О.В. Баланс поживних речовин в сівозмінах з короткою ротацією на чорноземах лівобережного лісостепу України / О.В. Демиденко, І.С. Шаповал; Мін. АПК, Ін-т рослинництва ім. Юр'єва // Посібник Українського хлібороба. – 2011. – С. 71–73.

3. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / редкол.: М.В. Зубець [та інш.]. – К.: Аграрна наука, 2010. – 980 с.

4. Сівозміни у землеробстві України: реком. / за ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. – К.: Аграрна наука, 2002. – 146 с.

5. Сучасні системи удобрення сільськогосподарських культур в сівозмінах з різною ротацією за основними ґрунтово-кліматичними зонами України: реком./ за ред.. А.С. Заришняка, М.В. Лісового.– К.: Аграрна наука, 2008.– 120с.

6. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. – Харків: Міська друкарня, 2011. – 30 с.

7. Система применения удобрений / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 418 с.

8. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління / С.А. Балюк [та інш.]. – Харків: Міська друкарня, 2011. – 30 с.

THE STRUCTURE OF CROP ROTATION, TILLAGE, FERTILIZER AND FERTILITY OF CHERNOZEMS OF FOREST-STEPPE OF UKRAINE

A.V. Demidenko, Yu.I. Krivda, V.A. Velichko

Summary

It is showed that in the modern conditions of management in default of stock-raising and manure indemnification of nutrients takes place due to uncommodity part of harvest, that is considered as biologization of crop rotations. In 5 field crop rotations with a pea and herbaceous without top-dressing returning all uncommodity part, provides complete indemnification of macroelements feeding on potassium, and on nitrogen and phosphorus balance was negative. At top-dressing in uncommodity part of harvest there were sufficient quantities of nutrients for achieving of positive balance on nitrogen and phosphorus, and at the average to 1 ga of crop rotation were recovered: 22 kg of nitrogen, 33 kg of phosphorus and 102 kg of potassium.

Поступила 02.02.14

2. Плодородие почв и применение удобрений

УДК 631.415.1:631.821.1

ДИНАМИКА СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ, ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАЛЬЦИЕМ И МАГНИЕМ ПАХОТНЫХ И ЛУГОВЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

И.М. Богдевич, О.Л. Ломонос, О.М. Таврыкина

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Известкование является важным и наиболее радикальным средством улучшения свойств кислых почв. Этот прием оказывает многостороннее влияние на улучшение агрохимических, агрофизических и биологических свойств почв, обеспечение растений кальцием и магнием, мобилизацию и иммобилизацию макро- и микроэлементов в почве, создание оптимальных физических, водно-физических, воздушных и других условий жизни культурных растений. Интенсивное известкование кислых почв в республике проводится с 1965 г. За этот период была создана система научного и материально-технического обеспечения работ. Областные проектно-изыскательские станции химизации сельского хозяйства разрабатывают проектно-сметную документацию, а также совместно со специалистами хозяйств-заказчиков и организаций-исполнителей контролируют площади, дозы извести и качество выполненных работ. Витебское ОАО «Доломит» производит высококачественную доломитовую муку. Районные объединения агросервиса осуществляют хранение, транспортировку и внесение извести в почву. Научное обеспечение проблемы известкования на протяжении всего периода осуществляет Институт почвоведения и агрохимии.

Планомерное известкование за полвека позволило оптимизировать реакцию почв, произвести насыщение поглощающего комплекса почв кальцием и магнием на основных массивах сельскохозяйственных земель. Уже двадцать лет проводится поддерживающее известкование для компенсации оснований вследствие выщелачивания вглубь профиля почвы и выноса с отчуждаемой частью растениеводческой продукции.

В последние годы прослеживается заметная тенденция подкисления пахотных почв во многих районах Беларуси в связи с недостатком финансирования и соответствующим снижением объема работ.

Целью настоящего исследования является системный анализ результатов известкования, распределения площади пахотных и луговых почв в областях Беларуси по группам кислотности за период между двумя последними турами агрохимического обследования. Исследована также динамика содержания обменных форм кальция и магния в почвах за весь период мониторинга.

КРИТЕРИИ ОПТИМИЗАЦИИ СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ

Методические подходы к первичному и последующим циклам известкования едины, поскольку для получения наибольшей урожайности с высоким качеством продукции важно создание и поддержание оптимальной реакции почвенной среды [1, 2]. Оптимальная реакция почв не является строго фиксированной величиной и зависит от видов возделываемых культур и ряда свойств почв [1, 3]. Роль оптимизации реакции почв существенно возрастает в интенсивном земледелии. Эффективность минеральных удобрений снижается как в сильноислом, так и в нейтральном и слабощелочном диапазоне почвенной среды [3, 5]. Оптимизация кислотности почв является важным фактором, способствующим новообразованию и закреплению гумусовых веществ, поскольку сильноислая или щелочная реакция ограничивают их образование и закрепление в почве [6].

Экспериментально установленные диапазоны реакции почв по отдельным культурам сгруппированы по типам севооборотов, гранулометрическому составу почв и используются в качестве целевых ориентиров при известковании кислых почв [7, 8]. Рекомендованные дозы извести дифференцированы таким образом, чтобы сильно- и среднекислые почвы нейтрализовать до нижнего уровня оптимального диапазона, а малые дозы извести на слабокислых почвах не позволяют превысить верхний уровень оптимального диапазона кислотности. Средневзвешенный показатель реакции почв (pH KCl , далее – pH) элементарного участка является основным критерием оптимизации степени кислотности почв, пригодности почвы для возделывания группы однотипных сельскохозяйственных культур. Если большое поле севооборота выравнено, то средневзвешенный показатель pH по входящим в него элементарным участкам может служить для характеристики всего поля. Однако средневзвешенный показатель pH пашни или луговых земель на площади целого хозяйства или района не может быть критерием оптимизации кислотности почв, так как может включать поля как с сильноислой, так и слабощелочной реакцией. Для оценки результативности известкования по районам и хозяйствам наиболее важным критерием является доля сильно- и среднекислых почв с показателем $\text{pH} < 5,0$ от общей площади земель. На почвах с показателем pH менее 5,0 наблюдаются существенные недоборы урожайности всех сельскохозяйственных культур. В условиях системного известкования доля сильно- и среднекислых пахотных и луговых почв должна быть незначительной – менее 5% от общей площади.

Непременным является соблюдение технологических рекомендаций и требований «Инструкции о порядке известкования кислых почв...» [7], чтобы в первую очередь известковать поля и участки с сильноислой реакцией, затем – со среднекислой и только после – со слабокислой, что в результате позволяет получить наибольший суммарный эффект от имеющихся ресурсов. Значимость этих требований возрастает в условиях недостатка финансирования. Важным является и обеспечение возможной для имеющегося парка машин равномерности распределения извести по площади поля, чтобы избежать очагов недостаточной или избыточной нейтрализации почв.

Почвы, развивающиеся на карбонатных породах, и другие почвы со слабощелочной и нейтральной реакцией (седьмая группа кислотности – $\text{pH} > 7,0$ и шестая – $\text{pH} 6,5–7,0$) занимают сравнительно небольшую долю (13,8%) от

2. Плодородие почв и применение удобрений

площади пашни в республике. Эта группа почв характеризуется рядом благоприятных агрофизических и агрохимических свойств и пригодна для таких ценных культур, как сахарная свекла, кукуруза, рапс, пшеница, люцерна и клевер. Однако при нейтральной и слаботщелочной реакции почв наблюдается низкая доступность для растений ряда микроэлементов, особенно Mn и Zn, что приводит к недобору урожайности и качества продукции культур-кальцефобов [3]. На таких почвах не следует размещать лен-долгунец, люпин и картофель. По данным обобщения 837 полевых опытов, сахарная свекла, клевер, озимая пшеница и ячмень обеспечивают наибольшую урожайность при реакции суглинистых и супесчаных, подстилаемых мореной почв pH 6,2–6,7. Лен, картофель, люпин, овес, озимая рожь на тех же почвах наибольшую урожайность формируют при уровнях pH 5,6–6,0. При размещении культур-кальцефобов на почвах с реакцией в пределах pH 6,1–6,5 их урожайность снижается на 8%, а на почвах с показателями pH 6,6–7,0 – на 18% [1, 4]. Поэтому в севооборотах со льном, картофелем и люпином известкование проводится на связных почвах при показателе pH менее 5,5, а на песчаных почвах – менее 5,25.

В последние годы посевная площадь культур-кальцефобов в республике составляла менее 4% от площади пашни. Если учесть, что почвы с показателем pH<6,0 в настоящее время занимают от 44,1% площади пашни в Витебской области до 64% в Минской области, то с размещением кальцефобных культур на почвах со слабокислой реакцией проблем быть не может.

Для хозяйств и районов, где преобладают загрязненные радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr земли, значимость известкования кислых почв возрастает. Известно, что минимальное накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции достигается при сдвиге от оптимальной реакции почв на 0,2–0,3 единицы pH в сторону щелочного диапазона [9]. Однако снижение накопления радионуклидов в растениях в нейтральном и щелочном диапазонах уже несущественно. Поэтому на загрязненных радионуклидами землях рекомендуемые дозывести повышены только на сильно- и среднекислых почвах для ускоренного сдвига реакции почв и достижения оптимальных диапазонов кислотности почв из расчета на максимальную урожайность возделываемых культур [7, 10]. Эффективность известкования оценивается по разнице показателей (pH) между исходным, достигнутым и оптимальным уровнями степени кислотности почвы.

ДИНАМИКА СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ

По данным последнего турга агрохимического обследования, преимущественно наблюдается подкисление пахотных почв (табл. 1). Средневзвешенный показатель pH по республике снизился с 5,91 до 5,89. Доля сильно- и среднекислых почв увеличилась повсеместно, за исключением Брестской области. В Минской и Могилевской областях доля сильно- и среднекислых почв повысилась на 3,1 и 4,3% от площади пашни соответственно.

В Витебской и Гомельской областях имеется значительная доля почв с нейтральной и слаботщелочной реакцией (соответственно 24,8 и 18,9% от площади пашни). В целом по Беларуси на основных массивах (около 70% площади) пашни поддерживается оптимальная реакция почв. Более детальная оценка степени оптимизации реакции почв должна проводиться для каждой из групп

гранулометрического состава. Средневзвешенные показатели рН существенно различаются для суглинистых, супесчаных, песчаных и торфяных почв и имеют устойчивость во времени (рис. 1).

Средневзвешенные показатели реакции рН суглинистых и супесчаных почв близки к оптимальным, в то время как песчаные и торфяные почвы характеризуются показателями, несколько сдвинутыми в нейтральный диапазон.

Таблица 1
Характеристика пахотных почв по группам кислотности
по результатам обследования 2009–2012 гг.

Область	По группам кислотности, %							2009–2012 гг. средневзвешенный рН	Изменения по сравнению с предыдущим туром (+/-) % почв рН < 5,0	
	I < 4,50	II 4,51– 5,00	III 5,01– 5,50	IV 5,51– 6,00	V 6,01– 6,50	VI 6,51– 7,00	VII > 7,00			
Брестская	1,1	5,5	19,0	35,2	26,8	8,0	4,4	5,83	0,04	-0,3
Витебская	0,9	3,7	13,8	26,0	30,8	20,5	4,3	6,09	-0,03	1,1
Гомельская	1,6	6,2	16,4	26,8	30,1	18,4	0,5	5,90	0,01	1,3
Гродненская	1,6	6,6	22,8	33,3	26,0	8,1	1,6	5,84	-0,03	1,4
Минская	1,3	5,8	19,7	37,2	30,1	5,2	0,7	5,78	-0,04	3,1
Могилевская	2,2	6,4	15,9	28,0	33,0	13,0	1,5	5,92	-0,10	4,3
Беларусь	1,4	5,7	18,1	31,6	29,5	11,7	2,1	5,89	-0,02	1,8

Особо важным является контроль за изменением площади сильно- и среднекислых почв с показателем рН менее 5,0, где за счет известкования можно получить прибавку урожайности всех культур севооборота в кормовых единицах на суглинистых почвах не менее 4,0–6,3 ц/га и на супесчаных – 3,5–5,6 ц/га [2]. В настоящий период доля глинистых и суглинистых пахотных почв с сильно- и среднекислой реакцией составляет 3,9%, супесчаных – 7,4, а песчаных – 10,9% от соответствующей общей площади (табл. 2).

2. Плодородие почв и применение удобрений

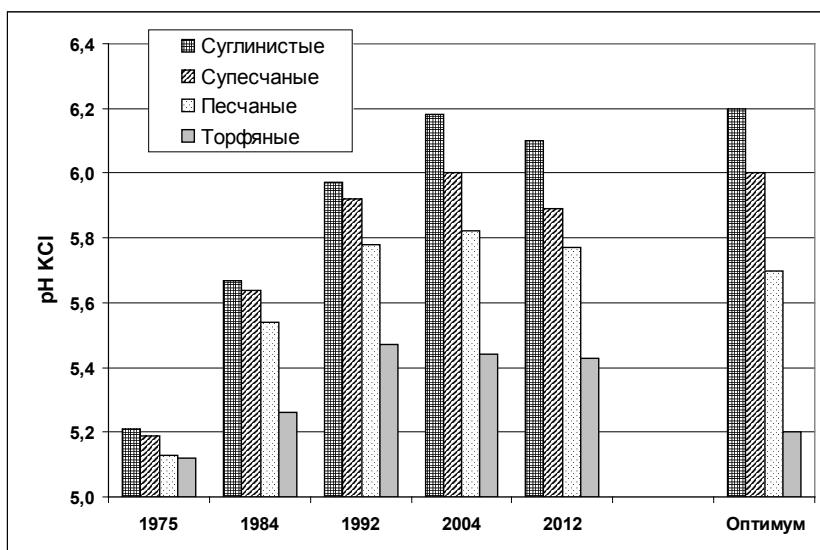


Рис. 1. Динамика средневзвешенных показателей pH по группам пахотных почв

Таблица 2

Распределение минеральных пахотных почв Беларуси различного гранулометрического состава по группам кислотности (2009–2012 гг.)

Почва	Площадь, тыс. га	По группам кислотности, %							Средневзвешенный pH
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
		< 4,50	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00	6,01–6,50	6,51–7,00	> 7,00	
Глинистые и суглинистые	1019	0,8	3,1	11,0	26,3	38,0	17,7	3,1	6,10
Супесчаные	2511	1,5	5,9	19,1	32,8	28,7	10,5	1,7	5,89
Песчаные	1059	2,3	8,6	22,5	31,9	24,0	8,8	1,9	5,77

По результатам предыдущего тура обследования, пахотных почв с показателями реакции pH <5,0 насчитывалось, соответственно, 2,7–5,0–9,1%. Таким образом, подкисление пахотного горизонта более заметно проявляется на супесчаных и песчаных почвах.

В почвах улучшенных сенокосов и пастбищ на уровне республики и областей наблюдается устойчивое равновесие слабокислой реакции почвенного раствора. Средневзвешенное значение pH в целом по республике повысилось незначительно – с 5,89 до 5,92, а в областях изменилось не более ± 0,07 pH (табл. 3). Доля сильно- и среднекислых почв (pH<5,0) на луговых землях в целом по республике за период обследования повысилась незначительно – с 5,7 до 6,0%, более

заметным было увеличение доли кислых почв только в Минской области – с 4,0 до 5,7% и в Могилевской – с 6,4 до 8,2%.

Таблица 3

Распределение почв улучшенных сенокосов и пастбищ по группам кислотности

Область	По группам кислотности, %							2009–2012 гг.	Изменения по сравнению с предыдущим туром (+/-)	
	I	II	III	IV	V	VI	VII			
	< 4,50	4,51– 5,00	5,01– 5,50	5,51– 6,00	6,01– 6,50	6,51– 7,00	> 7,00			
Брестская	0,9	4,6	17,9	33,1	25,9	10,4	7,2	5,83	0,07	-0,9
Витебская	0,8	3,5	13,8	26,5	31,7	19,4	4,3	6,07	0,04	-1,1
Гомельская	1,6	5,7	15,7	24,7	27,5	22,8	2,0	5,90	0,06	0,6
Гродненская	1,4	4,6	14,7	24,4	25,5	17,3	12,1	6,04	0,01	0,2
Минская	1,0	4,7	15,6	31,7	31,2	11,9	3,9	5,80	0,03	1,7
Могилевская	2,4	5,8	14,4	26,4	32,2	16,3	2,5	5,91	-0,03	1,8
Беларусь	1,3	4,7	15,5	28,2	29,0	16,0	5,3	5,92	0,03	0,3

Дерново-карбонатные почвы луговых земель с показателем pH более 6,5 занимают в республике 21,3% площади, с различием от 15,8% в Минской области до 29,4% – в Гродненской.

Процесс подкисления в большей мере проявляется на пахотных почвах, где в 83 районах зарегистрированы признаки подкисления, в то время как только в 68 районах отмечено подкисление луговых почв. Признаки нейтрализации реакции почв, наоборот, отмечены в 35 районах на пашне и в 50 районах на улучшенных луговых землях. В условиях системного известкования действует саморегулирующаяся система. По мере подкисления почв повышаются дозы извести, и в следующем туре обследования вышеуказанные группы районов должны поменяться местами. Задача агрохимической службы состоит в том, чтобы объемы известкования соответствовали потребности в соответствии с систематически обновляемыми параметрами степени кислотности почв. В нынешней ситуации нужны принципиальные решения республиканских органов управления, поскольку главной причиной нарастающего подкисления пахотных почв в последние годы является дефицит финансирования и снижение количества используемых мелиорантов (рис. 2).

2. Плодородие почв и применение удобрений

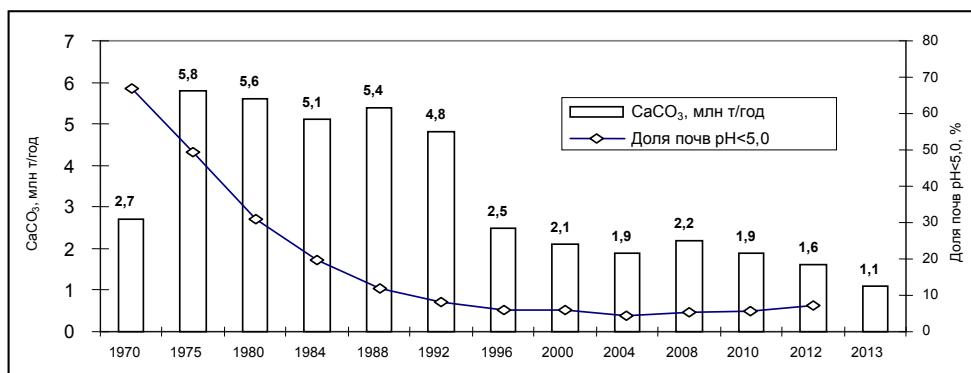


Рис. 2. Динамика среднегодового объема внесения извести (млн т СаCO₃) и доли площади сильно- и среднекислых почв с показателем pH<5,0 на пашне Беларуси

По расчетам Института почвоведения и агрохимии, ежегодно на период до 2015 г. необходимо известковать по 474 тыс. га, для чего требуется вносить по 2,2 млн т СаCO₃ (1,7 млн т доломитовой муки и около 300 тыс. т дефеката) [8]. Фактически по отчетности за 2008–2010 гг. количество вносимой извести было уменьшено на 12% от потребности, в 2011–2012 гг. – на 28%, а в 2013 г. внесли только около половины необходимых известковых мелиорантов (табл. 4).

Таблица 4
Среднегодовая потребность известковых мелиорантов для поддержания оптимальной реакции почв сельскохозяйственных земель и фактическое внесение извести по областям Беларуси, % от потребности

Область	Потребность СаCO ₃ , тыс. т	Внесено, % от потребности		
		2008–2010 гг.	2011–2012 гг.	2013 г.
Брестская	317	100	72	57
Витебская	413	84	53	40
Гомельская	351	74	59	49
Гродненская	303	95	73	59
Минская	437	96	118	59
Могилевская	379	80	50	47
Беларусь	2200	88	72	51

Известно, что эффективность минеральных удобрений, в особенности азотных, под зерновые культуры повышается в 1,5–1,8 раза при известковании

сильнокислых суглинистых и супесчаных почв до слабокислого диапазона реакции pH 5,6–6,0 [1]. Поэтому поддерживающее известкование является непременным условием современного интенсивного земледелия в зоне промывного режима почв, на фоне применения повышенных доз азотных удобрений, способных подкислять реакцию почвенного раствора (табл. 5).

Таблица 5

**Динамика внесения азотных удобрений
за период 2001–2013 гг. на пашне и улучшенных луговых землях, кг/га**

Область	Пашня				Сенокосы и пастбища			
	2001 г.	2005 г.	2011 г.	2013 г.	2001 г.	2005 г.	2011 г.	2013 г.
Брестская	46	76	100	102	29	24	39	40
Витебская	51	80	103	93	43	48	58	52
Гомельская	41	61	118	119	22	32	43	40
Гродненская	69	104	115	110	42	50	47	48
Минская	44	83	119	90	34	59	51	38
Могилевская	44	68	105	100	31	32	32	34
Беларусь	47	77	111	102	33	40	46	42

На улучшенных сенокосах и пастбищах за последние годы дозы вносимых азотных удобрений практически мало изменились и процессы подкисления луговых почв пока менее заметны. Таким образом, очевидна необходимость восстановить требуемый ежегодный объем внесения извести ($2,2$ млн т CaCO_3) для предотвращения дальнейшего подкисления почв сельскохозяйственных земель, последующего снижения эффективности минеральных удобрений, недобора урожайности сельскохозяйственных культур и потери качества продукции.

ДИНАМИКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ КАЛЬЦИЕМ И МАГНИЕМ

Кальций – структурный элемент клеточных оболочек, жизненно необходимый для образования новых клеток. Его недостаток сдерживает рост всех частей растения, что может привести к усилению дефицита и нарушению баланса других элементов вследствие слаборазвитой корневой системы. Кальций поглощают только молодые части растений, он не реутилизируется. В дерново-подзолистых почвах Беларуси валовое содержание кальция в пахотном слое составляет 0,4–1,0%, магния – 0,3–0,8%, что существенно меньше их кларков [2]. Кальций и магний находятся в почве и растениях в виде двухвалентных катионов. Обменно-поглощенные почвенными коллоидами ионы этих элементов являются наиболее доступными для растений. Вследствие гумидного климата их потери из почв в результате выщелачивания вызывают подкисление и снижение плодородия почв. До начала интенсивного известкования примерно на 90%

2. Плодородие почв и применение удобрений

площади всех пахотных почв Беларуси недостаток обменных форм кальция и магния ограничивал урожайность культурных растений.

В настоящее время на основных массивах почв содержание кальция в доступной форме для питания растений не лимитирует формирование высокого уровня урожайности. Средневзвешенное содержание обменного кальция в почвах Беларуси в последние два десятилетия стабилизировалось на уровне CaO около 1000–1100 мг/кг на пашне и около 1500 мг/кг в луговых почвах. В условиях системного поддерживающего известкования уровень обеспеченности почв обменным кальцием обусловлен в основном емкостью их катионного обмена. В серии модельных полевых опытов в 1985–1990 гг. были установлены оптимальные уровни насыщения основаниями дерново-подзолистых почв [11]. Кальцелюбивые культуры (рапс, кормовая и сахарная свекла, ячмень, клевер) обеспечивали наибольшую урожайность в интервале содержания обменного кальция на суглинистых почвах 900–1500, а на супесчаных – 800–1300 мг CaO на кг почвы. На песчаных почвах оптимальное содержание обменного кальция оценивается на уровне 600–800 мг CaO на кг почвы. По данным последнего тура агрохимического обследования (табл. 6), с учетом вышеприведенных параметров более чем 80% площади пашни республики характеризуется высокой степенью обеспеченности почв обменным кальцием. Только на 14,7% площади пахотных почв сельскохозяйственные культуры испытывают недостаток кальция для формирования урожая. Высокая обеспеченность почв кальцием наблюдается на 93,3% площади улучшенных сенокосов и пастищ.

Таблица 6
Распределение площади пахотных почв Беларуси
по содержанию кальция

Область	% по группам содержания CaO, мг/кг почвы						2009– 2012 гг.	2005– 2008 гг.
	I	II	III	IV	V	VI		
	<400	401– 800	801– 1200	1201– 1600	1601– 2000	>2000	средневзвешенное содержание CaO, мг/кг почвы	
Брестская	0,5	18,3	36,0	13,9	6,3	25,0	1251	1248
Витебская	0,1	2,7	27,0	35,2	35,0	0,0	1446	1187
Гомельская	0,7	25,5	42,8	12,4	4,1	14,5	1070	940
Гродненская	0,4	18,2	55,2	19,4	4,2	2,6	1074	1041
Минская	0,5	9,7	37,1	29,6	10,0	13,1	1171	1240
Могилевская	0,4	13,6	58,2	24,6	2,5	0,7	1067	1068
Беларусь	0,4	14,3	42,5	23,0	10,5	9,3	1180	1062

Часто бывает мнение, что нет необходимости контролировать содержание кальция, так как его достаточно в почве. Однако, как видно из результатов

обследования почв, встречаются отдельные участки с острым дефицитом обменного кальция. Более того, для формирования урожая культурных растений важно не только абсолютное значение содержания обменного кальция и магния, но и их эквивалентное соотношение в поглощающем комплексе почвы, которое изменяется в больших пределах. Поскольку три важных агрохимических показателя (pH , Ca и Mg) определяются в одной вытяжке 1 M KCl , то мониторинг содержания обменных форм кальция и магния в почве является целесообразным на всей площади сельскохозяйственных земель.

Магний, как и кальций, необходим для жизни растений. Он входит в состав хлорофилла, фитина и ряда других важных соединений в растениях. Очень велика его роль в образовании и развитии генеративных органов [3, 5]. Известно, что дерново-подзолистые почвы Беларуси характеризовались крайне низким наличием магния в поглощающем комплексе. Результаты ряда работ академика О.К. Кедрова-Зихмана по установлению роли магния и бора при известковании почв под люпин, сераделлу, картофель и лен, выполненных и опубликованных в 1939–1953 гг., позволили организовать производство высококачественных известковых мелиорантов на базе залежей доломитов в Витебской области. В связи с использованием для известкования пылевидной доломитовой муки, где содержание MgO достигает 20%, наблюдается долговременное повышение содержания в почве обменных форм магния (рис. 3).

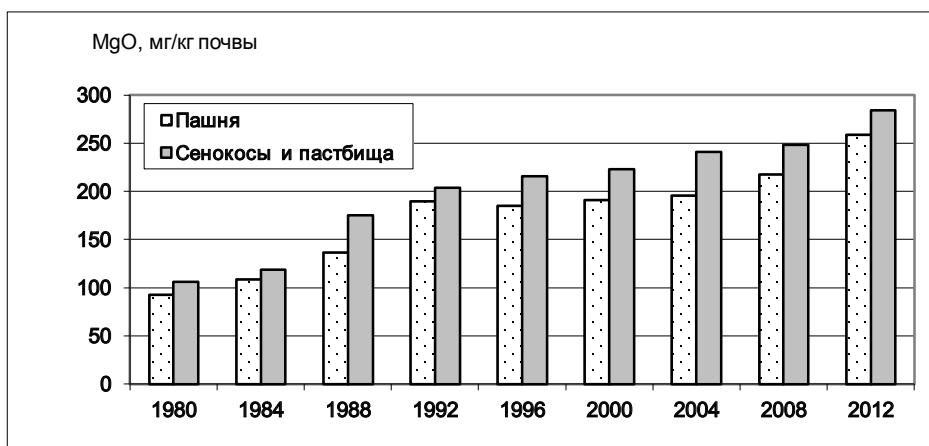


Рис. 3. Динамика содержания обменного магния в пахотных и луговых почвах Беларуси

Повышение средневзвешенного содержания магния в пахотных и луговых почвах продолжается и достигло уровня 259 и 284 mg MgO на kg почвы соответственно. Повышение содержания магния в почве, как и других элементов питания, сопровождается увеличением урожайности сельскохозяйственных культур до определенных оптимальных параметров концентрации магния в почвенном растворе. При избытке магния наблюдается антагонистическое действие его на поступление кальция и калия в растения [3], поэтому мониторинг содержания обменного магния в почвах сельскохозяйственных угодий имеет большое

2. Плодородие почв и применение удобрений

практическое значение. Известно, что избыток магния в почве не оказывает отрицательного влияния на урожайность большинства сельскохозяйственных культур до тех пор, пока обменного кальция в почве существенно больше, чем магния.

Предельные параметры содержания обменного магния в почве, при которых наступает снижение урожайности, различаются в зависимости от гранулометрического состава и соответствующих им емкости и состава обменных катионов. В научной литературе приводятся различные ориентировочные пороговые параметры. По данным наших, специально спланированных многолетних полевых опытов на возрастающих уровнях обеспеченности дерново-подзолистых легкосуглинистых почв магнием, наибольшая урожайность картофеля, кормовой свеклы, зерновых колосовых культур и ярового рапса при среднегодовой продуктивности севаоборота в к.ед. 8,9 т/га получена в диапазоне содержания MgO 160–260 мг/кг почвы при эквивалентном соотношении $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+} = 4–6$. Дальнейшее повышение содержания обменного магния до уровня $\text{MgO} > 300 \text{ mg/kg}$ почвы при соотношении $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+} < 2,8$ сопровождалось небольшим снижением продуктивности севаоборота на 5% и заметным снижением урожайности семян ярового рапса на 30% [12]. Наибольшая урожайность зеленой массы и зерна кукурузы получена в диапазоне содержания MgO 300–400 мг/кг почвы при эквивалентном соотношении $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+} = 3,2–4,5$ [13–14]. В целом по Беларуси эквивалентное соотношение $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ за последние двадцать лет медленно сужается, на пашне от 4,1 до 3,2, а в луговых почвах – от 5,4 до 3,4, однако пока находится в допустимом диапазоне. Средневзвешенное содержание обменного магния в пахотных почвах Беларуси в настоящее время составляет 259 мг MgO на кг почвы (табл. 7).

Таблица 7
Распределение площади пахотных почв Беларуси
по содержанию магния

Область	По группам содержания MgO, мг/кг почвы						2009– 2012 гг.	2005– 2008 гг.
	I	II	III	IV	V	VI	средневзвешенное содержание MgO, мг/кг почвы	
	<60	61–90	91– 150	151– 300	301– 450	>450		
Брестская	2,0	5,0	18,1	48,3	18,8	7,8	219	214
Витебская	0,0	0,1	0,8	27,2	71,8	0,1	351	257
Гомельская	0,3	1,5	13,3	60,0	15,9	9,0	228	133
Гродненская	1,2	4,2	21,1	62,0	10,2	1,3	204	218
Минская	0,4	1,3	8,0	48,4	31,2	10,7	266	265
Могилевская	0,3	1,3	6,2	46,9	40,3	5,0	284	266
Беларусь	0,7	2,2	11,1	48,7	31,5	5,8	259	218

На 2,9% площади пашни возделываемые культуры испытывают острый недостаток, а на 11,1% – умеренный недостаток магния для формирования высокой урожайности. Около половины площади пашни характеризуется близкой к оптимальной обеспеченностью почв магнием для большинства возделываемых культур. На 31,5% площади пашни отмечается высокое содержание магния в почве, а на 5,8% – очень высокое, на почвах обеих групп может иметь место снижение урожайности возделываемых культур при недостатке обменного кальция в результате подкисления реакции почв. Повышенная обеспеченность магнием как пахотных почв, так и почв улучшенных сенокосов и пастбищ наиболее характерна для Витебской, Минской и Могилевской областей, где больше доля суглинистых почв с повышенной емкостью катионного обмена.

ВЫВОДЫ

Планомерное известкование за полувековой период позволило оптимизировать реакцию почв, произвести насыщение поглощающего комплекса почв кальцием и магнием на основных массивах сельскохозяйственных земель Беларуси. В течение последних двадцати лет проводится поддерживающее известкование для компенсации оснований вследствие выщелачивания вглубь профиля почвы и выноса с отчуждаемой частью растениеводческой продукции.

В последние годы в результате недостаточного финансирования снижено количество внесенной извести в 2008–2010 гг. на 12%, в 2011–2012 гг. – на 28%, а в 2013 г. – наполовину от потребности. Анализ материалов агрохимического обследования показал признаки подкисления пахотных почв в 83 районах и луговых почв в 68 районах. Площади сильно- и среднекислых пахотных почв ($\text{рН} < 5,0$) увеличились в целом по республике на 1,8%, в Минской области – на 3,1%, а в Могилевской – на 4,3% и составили 7,1–7,1–8,6% соответственно.

Необходимо восстановить требуемый ежегодный объем внесения извести (2,2 млн т CaCO_3) для устранения дальнейшего подкисления почв сельскохозяйственных земель, последующего снижения эффективности минеральных удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур, потери качества продукции. Представляется особо важным предотвратить недобор растениеводческой продукции на 37,3% площади пашни, где отмечается высокое содержание обменного магния $\text{MgO} > 300 \text{ mg/kg}$ почвы, при котором подкисление сопровождается дефицитом обменного кальция, неблагоприятным эквивалентным соотношением $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+} < 2,8$ и снижением урожайности большинства возделываемых культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимальные параметры плодородия почв / Т.Н. Кулаковская [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 272 с.
2. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: Изд-во БГУ, 2003. – 322 с.
3. Bergmann, W. Nutritional disorders of plants / W. Bergmann. – New York: G. Fisher, 1992. – 741 p.

2. Плодородие почв и применение удобрений

4. Богдевич, И.М. Оценка взаимодействия факторов плодородия почв и норм удобрений / И.М. Богдевич, Р.В. Шаталова, Е.А. Шыбеко // Параметры и модели плодородия почв и продуктивности агроценозов. – Пущино, 1985. – С. 70–77.
5. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management / J.H. Havlin [at al]. – 6th ed. – New Jersey, USA: Prentice-Hall, Inc., 1993. – 497 p.
6. Карягина, Л.А. Влияние известкования на биологическую активность и баланс гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве / Л.А. Карягина, Л.И. Костюкевич // Почвоведение. – 1991. – № 10. – С. 84–91.
7. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель: утв. Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 13.10.2008 № 77. – Минск, 2008. – 30 с.
8. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; НАН Беларуси, МСХП РБ, Госкомимущества, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. В.Г. Гусакова. – Минск, 2010. – 106 с.
9. Путятин, Ю.В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Ю.В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 255 с.
10. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы. – Минск: Ин-т радиологии, 2012. – 121 с.
11. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.
12. Магниевые удобрения на дерново-подзолистых почвах: аналитический обзор / И.М. Богдевич, О.Л. Ломонос. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2009. – 40 с.
13. Влияние возрастающих уровней обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием и удобрений на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / О.М. Таврыкина [и др.] // Агрохимия. – 2013. – № 10. – С. 39–45.
14. Методика почвенной и растительной диагностики магниевого питания растений кукурузы / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2014. – 28 с.

DYNAMICS OF ACIDITY, CALCIUM AND MAGNESIUM SUPPLY IN THE ARABLE AND GRASSLAND SOILS OF BELARUS IN THE COURSE OF LIMING

I.M. Bogdevitch, O.L. Lomonos, O.M. Tavrykina

Summary

As result of reduced application of lime during the period of 2009–2012 soil tests indicated an increasing acidification of arable land in majority of districts of Belarus.

Dynamics of calcium and magnesium supply in soils as well as the necessity for application of required volume of liming for maintenance of optimal reaction of agricultural soils are discussed.

Поступила 22.04.14

УДК 631.51: 631.874.3

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ЗАДЕЛКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАННОЙ ПОЧВЕ

**В.В. Лапа¹, В.И. Ульянчик², Т.М. Серая¹,
Т.В. Ганчаревич², С.Н. Кобринец²**

¹*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

²*Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция,
г. Пружаны, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Из всех урожаеобразующих факторов для Брестской области, где легкие почвы на пашне занимают более 80%, наиболее значимым является внесение органических удобрений. В 2013 г. на 1 га минеральной пашни внесено навоза 15,0 т/га при потребности для бездефицитного баланса гумуса 17,3 т/га. Около половины хозяйств области имеют отрицательный баланс гумуса. Нередки случаи, когда на отдаленных от ферм полях применяется только минеральная система удобрения.

В проведенных нами исследованиях установлено, что заделка соломы с последующим посевом промежуточных культур на зеленое удобрение может с успехом заменить внесение навоза [1, 2, 3]. Однако при возделывании полевых культур преобладают агротехнические приемы, способствующие активизации разложения органического вещества, и практически не уделяется внимания его экономическому расходованию, что экономически невыгодно и вредно с точки зрения экологии [4, 5, 6, 7]. Требуется разработка новых энергосберегающих приемов внесения зеленой массы промежуточных культур, соломы, обеспечивающих более высокую продуктивность пашни и повышение почвенного плодородия.

Для дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава важно установить оптимальные способы и сроки заделки соломы и промежуточных культур на удобрение, а также изучить на указанных фонах влияние минеральных удобрений на урожайность и качество основных сельскохозяйственных культур, что и явилось целью наших исследований.

2. Плодородие почв и применение удобрений

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2008–2013 гг. на стационарном опытном участке РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларусь». Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, развивающаяся на пылевато-песчанистой супеси, подстилаемой песком ближе 1 м. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,1–6,3; подвижные формы P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – соответственно 190–240 и 180–220 мг/кг почвы; гумус (по Тюрину) – 2,0–2,2%.

Полевые опыты проводили в трех полях в звене севооборота: картофель Скарб (2009–2012 гг.) – ячмень Зубр (2010–2012 гг.) – озимая рожь Алькора (2011–2013 гг.). Опыты закладывали в 4-кратной повторности. Размер делянки – 72 м², учетная площадь – 40 м². Предшественник картофеля – озимая рожь, солома которой была измельчена на удобрение, и посажена редька масличная.

Заделку соломы и сидерата осенью осуществляли следующими способами:

1. заделка соломы дискованием + запашка редьки масличной плугом (контроль);
2. заделка соломы дискованием + заделка редьки масличной дискованием в два следа;
3. заделка соломы дискованием + редька масличная без заделки;
4. запашка соломы плугом + редька масличная без заделки.

Способы весенней обработки почвы:

1. вспашка плугом ПГП–3–40 на глубину 18–20 см;
2. чизелевание со стрельчатыми лапами АЧУ–2,8 на глубину 18–20 см.

В схему внесения минеральных удобрений были включены варианты:

1. Без удобрений;
2. $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$.

Измельчение соломы озимой ржи (предшественника редьки масличной) проведено измельчителем ИРП–1,75. Учет соломы и зерна проводили в восьми точках поля методом наложения рамок размером 0,5×0,5 м. После измельчения соломы вносили карбамид в дозе N_{90} . В 2008 г. почву обрабатывали согласно схеме опыта, перед севом использовали АКШ–3,6 и высевали редьку масличную сорта Ника. После сева поле прикатывали водооналивными катками ЗКВГ–1,4. С 2009 г. применяли дискатор АДН–3Р и кольчато-зубовые катки КЗК–6.

Минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия вносили вручную согласно схеме опыта. Агротехника возделывания изучаемых культур – общепринятая для Республики Беларусь.

Активность целлюлозоразрушающих бактерий изучали по интенсивности разложения льняного полотна.

Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта по Б.А. Доспехову [8] с использованием соответствующих программ на компьютере.

Экономическую эффективность определяли расчетным методом согласно принятым методикам по существующим закупочным ценам на продукцию, затратам на получение урожая [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ урожая зеленой массы редьки масличной, высевянной пожнивно после уборки озимой ржи с измельчением соломы на удобрение, показал, что преимущество способа заделки соломы определялось погодными условиями. Однако в два года из трех отмечена четкая тенденция повышения урожая зеленой массы при посеве редьки по вспашке (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зеленой массы редьки масличной в промежуточной культуре в зависимости от способа заделки ржаной соломы

Вариант	Урожайность (в пересчете на сухое вещество), ц/га			
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее
Заделка соломы дискованием	7,9	20,4	16,8	15,0
Заделка соломы плугом	11,9	19,3	25,2	18,8
HCP ₀₅	4,2	4,8	4,0	2,5

На созданных различными способами заделки соломы и зеленой массы редьки масличной, весенней обработки почвы фонах возделывали картофель Скарб без минеральных удобрений и с внесением N₉₀P₆₀K₁₂₀.

Анализ урожайных данных показал, что при благоприятных погодных условиях за счет плодородия хорошо окультуренной дерново-подзолистой рыхлосуглинистой почвы, заделанной с осени соломы и зеленой массы редьки масличной получен достаточно высокий урожай клубней картофеля, который в зависимости от варианта опыта по годам изменялся от 233 до 400 ц/га (табл. 2).

Прибавка от внесения минеральных удобрений в зависимости от предшествующей обработки почвы и погодных условий варьировала в довольно широких пределах – 5–113 ц/га.

Существенное влияние на урожайность картофеля оказали погодные условия. Май 2009 г. отличался влажной и прохладной погодой. Коэффициент увлажнения (Md) за месяц подекадно был равен 0,21, 0,85 и 0,48 при оптимуме 0,4–0,6. За июнь осадков выпало больше нормы на 30,2 мм при понижении температуры воздуха от среднемноголетних данных на 0,6 °С. Июль был влажным и относительно теплым. Август отличался сухой и теплой погодой при Md по декадам 0,13, 0,18 и 0,20. В результате в среднем по опыту урожайность картофеля составила 278 ц/га. В вариантах без минеральных удобрений на фоне весновспашки получено в среднем 264 ц/га клубней, прибавка от внесения N₉₀P₆₀K₁₂₀ составила 39 ц/га клубней, чизелевания – 256 и 35 ц/га соответственно.

В этом же году на фоне вспашки отмечена четкая тенденция повышения урожайности картофеля в вариантах 2–4, где редька масличная оставалась на зиму как кулисная культура или заделывалась осенью дисками по сравнению с вариантом 1, где редьку с осени запахали. При этом прибавки на фоне без внесения минеральных удобрений были недостоверны (17–24 ц/га), а на фоне N₉₀P₆₀K₁₂₀ составили 43–62 ц/га (табл. 2).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 2

Влияние способов заделки органического вещества, весенней обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность картофеля Скарб, 2009–2011 гг.

Вариант	Минеральные удобрения	Урожайность, ц/га						Условно-чистый доход, USD/га
		2009 г.		2010 г.		2011 г.		
		всего	± к контролю	всего	± к контролю	всего	± к контролю	всего
Вспашка весной (18–20 см)								
1*	Без удобрений	249	—	342	—	326	—	306
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	263	—	386	—	359	—	336
2	Без удобрений	273	24	314	-28	337	11	308
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	318	55	420	34	342	-17	360
3	Без удобрений	266	17	331	-11	334	8	310
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	325	62	382	-4	371	12	359
4	Без удобрений	268	19	302	-40	339	13	303
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	306	43	415	29	387	28	369
Чизелевание весной (18–20 см)								
1	Без удобрений	264	—	363	—	358	—	328
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	292	—	428	—	366	—	362

Окончание табл. 2

Вариант	Минеральные удобрения	Урожайность, ц/га						Условно-чистый доход, USD/га
		2009 г.		2010 г.		2011 г.		
		всего	± K контролю	всего	± K контролю	всего	± K контролю	вспашке
2	Без удобрений	239	-25	358	-5	331	-27	309
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	311	19	415	-13	352	-14	359
3	Без удобрений	261	-3	400	37	324	-34	328
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	291	-1	428	0	384	18	368
4	Без удобрений	259	-5	355	-8	371	13	328
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	269	-23	404	-24	408	42	360
НСР ₀₅		25		32		28		19

Примечание. 1 – дискование соломы + запашка сидерата (контроль); 2 – дискование соломы + дискование сидерата в два спеда; 3 – дискование соломы + сидерат без заделки; 4 – запашка соломы + сидерат без заделки.

2. Плодородие почв и применение удобрений

При заделке зеленой массы редьки масличной осенью плугом (контроль) установлено преимущество весенней обработки чизелем на глубину 18–20 см, на фоне без внесения удобрений отмечена тенденция увеличения урожайности (на 15 ц/га), а при их внесении прибавка составила 29 ц/га. Наибольший урожай клубней (325 ц/га) получен при заделке соломы дискованием, а редька масличная оставалась до весны как кулисная культура при внесении минеральных удобрений на фоне вспашки весной.

В 2011 г. сбор клубней в среднем по опыту составил 356 ц/га. В вариантах без минеральных удобрений на фоне весновспашки получено в среднем 334 ц/га клубней, прибавка от внесения $N_{90}P_{60}K_{120}$ составила 31 ц/га, на фоне чизелевания – 346 и 32 ц/га соответственно.

В 2010–2011 гг. отмечена несколько иная, чем в 2009 г. закономерность влияния осенней обработки почвы на урожайность картофеля. При более благоприятных погодных условиях в период клубнеобразования лучшим способом весенней обработки почвы в основном было чизелевание, особенно на фоне без внесения минеральных удобрений. В 2010 г. только просматривалась тенденция уменьшения положительной роли чизелевания в вариантах с внесением $N_{90}P_{60}K_{120}$ на фоне заделки редьки масличной в два следа (вар. 2) или без заделки редьки при запашке соломы (вар. 4).

Установлено, что в варианте 1, где редьку масличную осенью запахивали, во все годы исследований преимущество весенней обработки было за чизелеванием, из чего следует, что при заделке сидеральной культуры осенью плугом под картофель нет надобности в перепашке почвы весной.

Наибольший сбор клубней в 2010 г. (428 ц/га) получен при весеннем чизелевании на фоне $N_{90}P_{60}K_{120}$ с заделкой соломы дисками и редьки масличной плугом (вар. 1), а также с заделкой соломы дисками, где редьку масличную оставляли как кулисную культуру (вар. 3).

В 2011 г. не установлено преимущества изучаемых способов заделки органического вещества осенью за исключением варианта, где солому запахивали плугом, а редьку масличную оставляли без заделки при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$. В этом случае получены наибольшие прибавки урожая клубней: на фоне весновспашки – 28 ц/га, при чизелевании – 42 ц/га. В этих вариантах получен и наибольший сбор клубней: соответственно 387 и 408 ц/га.

В среднем за три года вспашка весной не имела достоверного преимущества перед чизелеванием во всех изучаемых вариантах способов заделки органического вещества осенью. Наибольшая прибавка от чизелевания получена в вариантах с запашкой осенью сидерата (вар. 1) – 22 и 26 ц/га или соломы (вар. 4) – 25 ц/га (без минеральных удобрений).

При весенней вспашке урожайность картофеля была достоверно выше в вариантах, где редьку масличную задельвали дисками или оставляли в качестве кулисной культуры на фоне $N_{90}P_{60}K_{120}$ по сравнению с вариантами, где осенью сидерат был запахан. При чизелевании весной способ заделки органического вещества осенью практически не имел существенного значения.

В среднем за три года в вариантах 2 и 4 (дискование редьки масличной в два следа и редьки масличной без заделки) на фоне внесения $N_{90}P_{60}K_{120}$ и вспашки весной условно чистый доход составил 1510–1566 USD/га, а в контроле – 1200 USD/га. Величина прибавки урожая клубней колебалась в пределах

22–23 ц/га. Без минеральных удобрений ни один из изучаемых способов заделки органического вещества не имел явного преимущества при вспашке весной.

Наибольшая экономическая эффективность определена в вариантах с дискованием соломы + редька масличная без заделки и при чизелевании весной на фоне $N_{90}P_{60}K_{120}$ (1608 USD/га).

Таким образом, при заделке зеленой массы редьки масличной плугом как на фоне минеральных удобрений, так и без них нет надобности в весенней перепашке. Эту закономерность наблюдали и при заделке соломы плугом без внесения туков. В таких случаях весной достаточно провести безотвальное, энергосберегающее чизельное рыхление на глубину 18–20 см.

В результате изучения влияния способов обработки почвы на ее биологическую активность установлена четкая тенденция повышения микробиологической активности по разрушению льняного полотна в варианте с дискованием соломы и запашкой редьки масличной на фоне $N_{90}P_{60}K_{120}$ и при чизелевании весной, что нашло свое отражение на сборе клубней.

На основании анализа качественных показателей клубней картофеля (табл. 3) установлена тенденция повышения товарности при внесении минеральных удобрений. Содержание крахмала при этом уменьшается. Не выявлено закономерного влияния способов заделки органического вещества, весенней обработки почвы на изменение товарности, содержание крахмала.

Наименьшее абсолютное значение содержания нитратного азота выявлено в вариантах без внесения минеральных удобрений и наибольшее – при их применении, особенно в 2010–2011 гг., которые характеризовались влажной, теплой, часто пасмурной погодой в период интенсивного роста и клубнеобразования, что и отразилось на средних показателях за годы исследования.

Не установлено закономерного изменения содержания $N-NO_3$ в клубнях в зависимости от способов заделки органического вещества. Выявлено, что без внесения удобрений содержание $N-NO_3$ в клубнях находилось в пределах ПДК. В то же время при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ во всех изучаемых вариантах количество нитратного азота было выше ПДК, за исключением, где солому заделывали дискованием, а редьку масличную измельчали дисками в два следа при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ и чизелевании весной. В этом случае содержание $N-NO_3$ было на уровне 146 мг/кг картофеля.

Последействие способов заделки органического вещества изучалось на ячмене сорта Зубр (табл. 4). В 2010 г. отмечалась довольно высокая урожайность зерна для рыхлосупесчаных почв (41,5–68,0 ц/га). Этому способствовали благоприятные условия вегетационного периода. Наибольшие прибавки среди изучаемых факторов получены за счет минеральных удобрений, особенно на фоне чизелевания, исследуемого в последействии. Анализ способов заделки органического вещества показал, что в вариантах, где солома заделывалась дискованием, а зеленая масса редьки масличной – плугом (контроль), выделилась положительная роль чизелевания. В остальных случаях, в основном, прибавка урожайности зерна получена за счет весенней вспашки, проведенной под картофель. Особенно это видно на вариантах без минеральных удобрений. Более высокая урожайность зерна ячменя среди исследуемых способов заделки органического вещества получена при изучении последействия запашки соломы плугом, редька масличная оставалась без заделки (без минеральных удобрений –

2. Плодородие почв и применение удобрений

56,4 ц/га), а на фоне $N_{90}P_{90}K_{120}$ – 68,0 ц/га. Практически такой же сбор зерна отмечался на варианте без внесения минеральных удобрений при заделке соломы однократным дискованием, а редьки масличной – двукратным (56,5 ц/га).

Таблица 3

Влияние способов заделки органического вещества, весенней обработки почвы и минеральных удобрений на качество клубней картофеля Скарб, среднее за 2009–2011 гг.

Вариант	Минеральные удобрения	Вспашка весной (18–20 см)			Чизелевание весной (18–20 см)		
		товарность, %	содержание крахмала, %	содержание нитратов, мг/кг	товарность, %	содержание крахмала, %	содержание нитратов, мг/кг
1*	Без удобрений	95	13,0	111	93	12,7	89
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	97	12,2	169	97	12,0	172
2	Без удобрений	96	13,2	111	94	13,0	88
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	98	12,1	158	97	11,7	146
3	Без удобрений	95	12,5	108	95	13,2	96
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	97	12,0	167	96	11,8	172
4	Без удобрений	93	12,6	106	93	12,8	104
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	96	11,6	170	97	11,8	158

Примечание. 1 – дискование соломы + запашка сидерата (контроль); 2 – дискование соломы + дискование сидерата в два следа; 3 – дискование соломы + сидерат без заделки; 4 – запашка соломы + сидерат без заделки.

Крайне неблагоприятные погодные условия для роста и развития яровых зерновых культур сложились в 2011 г. Особенно в конце мая – начале июня, когда отмечалась очень жаркая, сухая погода, температура воздуха на 5,5 °С превышала среднемноголетние показатели при уменьшении количества осадков на 19,8 мм. С 30 мая по 6 июня среднесуточная температура воздуха была в пределах 25,4–30,8 °С. Это привело к снижению почвенной влаги до 3,2% при влажности устойчивого увядания растений 2,8–3,2%. Ячмень в этот период находился в фазе интенсивного роста – начало колошения. На подгоревших местах колос не вышел из флагового листа до самой уборки. Урожайность зерна в среднем по опыту находилась в пределах 17,3–26,2 ц/га.

Формирование урожая зерна ячменя в 2012 г. проходило в довольно сложных метеорологических условиях.

Таблица 4

Влияние способов заделки органического вещества, весенней обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность ячменя Зубр, 2010–2012 гг.

Вариант	Минеральные удобрения	Урожайность, ц/га						Условно-чистый доход, USD/га
		2010 г.		2011 г.		среднее за 2010–2012 гг.		
всего	±, к контролю	всего	±, к контролю	всего	±, к контролю	всего	±, к вспашке	
Вспашка весной (18–20 см)								
1*	Без удобрений	47,4	—	17,3	—	41,5	—	35,7
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	63,7	—	16,4	—	45,5	—	42,7
2	Без удобрений	56,5	9,1	26,0	8,7	44,4	2,9	39,6
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	65,8	2,1	23,4	7,0	48,4	2,9	44,0
3	Без удобрений	48,2	0,8	17,8	0,5	37,9	-3,6	37,4
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	61,9	-1,8	17,8	1,4	44,0	-1,5	43,1
4	Без удобрений	56,4	9,0	18,2	0,9	38,8	-2,7	37,5
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	68,0	4,3	18,7	2,3	48,0	2,5	44,1
Чизелевание весной (18–20 см)								
1	Без удобрений	49,3	—	24,0	—	36,8	—	35,5
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	66,4	—	23,5	—	42,8	—	45,2

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 4

Вариант	Минеральные удобрения	Урожайность, ц/га						Условно-чистый доход, USD/га
		2010 г.		2011 г.		2012 г.		
всего	±, к контролю	всего	±, к контролю	всего	±, к контролю	всего	±, к контролю	всего
2	Без удобрений	49,4	0,1	24,2	0,2	35,9	-0,9	35,7
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	60,9	-5,5	27,5	4,0	44,9	2,1	42,6
3	Без удобрений	41,5	-7,8	21,7	-2,3	36,7	-0,1	34,1
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	63,2	-3,2	21,9	-1,6	36,6	-6,2	42,4
4	Без удобрений	53,0	3,7	20,4	-3,6	36,0	-0,8	37,7
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	65,8	-0,6	26,2	2,7	44,3	1,5	44,5
HCP_{06}		3,4		4,0		4,1		2,2

Примечание. 1 – дисковование соломы + запашка сидерата (контроль); 2 – дискование соломы + дисковование сидерата в два следа, 3 – дискование соломы + сидерат без заделки; 4 – запашка соломы + сидерат без заделки.

Если май был сухим, то июнь, особенно третья декада, был влажным, осадков выпало 106,7 мм, что на 22,7 мм выше климатической нормы. Среднемесячная температура воздуха составила 16,2 °С при среднемноголетней 16,4 °С. Это положительно сказалось на формировании урожая зерна.

Июль был очень жарким и сухим. С 1 по 9 июля дневная температура воздуха была в пределах 30,2–33,5 °С, что явилось причиной «подгорания» растений ячменя и озимой ржи. А в конце месяца температура воздуха доходила до 33,5 °С, что метеорологи зафиксировали как опасное явление. В целом за месяц осадков выпало 41,1 мм, что составило 50% от климатической нормы (82,0 мм). Это привело к ощутимой вариации между делянками опыта. Наименьшая существенная разность для частных различий составила 4,1 ц/га при относительно хорошем сборе зерна для рыхлосупесчаных на песках почвах – 35,9–48,4 ц/га. Наблюдалась более высокая урожайность на фоне вспашки весной под предшественник, где превышение по отношению к чизелеванию составило 1,2–8,5 ц/га.

В 2012 г. не отмечено достоверного увеличения урожая зерна ячменя на фоне вспашки к контролю. Наибольшая прибавка от минеральных удобрений на этом фоне получена при заделке соломы плугом, когда редька масличная оставалась без заделки при урожайности 48,0 ц/га. Практически такая же урожайность сформирована, когда солома заделывалась дискованием, а зеленая масса сидерата – дисками в два следа (48,4 ц/га).

На фоне чизелевания отмечено существенное снижение урожайности по отношению к контролю при заделке соломы дискованием, когда редька масличная оставалась как кулисная культура на фоне $N_{90}P_{60}K_{120}$.

Получены достоверные прибавки при внесении минеральных удобрений за исключением варианта, где солома заделывалась дисками, а редька масличная оставалась без заделки.

В среднем за три года наибольшее увеличение урожайности от чизелевания (2,5 ц/га) получено на контроле при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$, а от вспашки – на вариантах без внесения минеральных удобрений при заделке соломы дисками, а редьки масличной – дискованием в два следа (3,9 ц/га), и когда редька масличная оставалась как кулисная культура (3,3 ц/га).

На фоне вспашки весной получены на всех изучаемых способах заделки органического вещества прибавки зерна по отношению к контролю. Наибольшая прибавка (3,9 ц/га) наблюдалась при заделке соломы дискованием в один след, а зеленой массы редьки масличной – в два следа без внесения минеральных удобрений.

На фоне чизелевания достоверное увеличение сбора зерна (2,2 ц/га) по отношению к контролю получено на варианте без внесения минеральных удобрений, когда солома заделывалась плугом, а редька масличная оставалась без заделки.

На всех способах заделки органического вещества за счет минеральных удобрений наблюдались довольно высокие достоверные прибавки зерна (4,4–9,7 ц/га).

Наибольшая урожайность зерна ячменя (45,2 ц/га) за годы проведения исследований (2010–2012 гг.) получена на фоне чизелевания при заделке соломы дискованием, а редьки масличной – плугом, где условно чистый доход составил 406,0 USD/га.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Получены трехгодичные данные по последней культуре звена севооборота озимой ржи (табл. 5).

Анализ результатов исследований показал, что в 2011 г. не установлено явного преимущества как способов заделки органического вещества, так и весенней обработки почвы, за исключением, когда солома заделывалась дисковыми культиваторами, а редька масличная оставалась без заделки и без внесения минеральных удобрений. На фоне вспашки прибавка к контрольному варианту составила 4,9 ц/га, а по отношению к чизельной обработке почвы – 5,9 ц/га. Несмотря на засушливые условия погоды, влажность почвы в слое 0–10 см в июне была в пределах 4,3–7,1%, что для озимой ржи не составило большого дефицита влаги и это не отразилось негативно на формировании урожая зерна.

При внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ урожайность по опыту была в пределах 42,1–45,8 ц/га. Анализ полученных данных в 2012 г. показал, что на всех изучаемых способах заделки органического вещества отмечалось преимущество чизельной обработки в последействии, особенно при заделке соломы дискованием, а редьки масличной – плугом без внесения удобрений, где прибавка составила 8,8 ц/га. Как на вспашке, так и на чизелевании не выявлена положительная роль заделки сидерата дисками или когда оставляли редьку масличную как кулисную культуру. К тому же на фоне чизелевания на этих вариантах без внесения минеральных удобрений получено достоверное снижение сбора зерна по отношению к контролю. Внесение минеральных удобрений на всех фонах обеспечило существенное увеличение прибавки зерна за исключением контрольного варианта.

В 2013 г. перезимовка и весенне возобновление вегетации были благоприятными для роста и развития растений озимой ржи. Однако в дальнейшем наблюдались засушливые условия, особенно в июне, где при норме 84 мм осадков выпало 40,4 мм. Такие же условия погоды были и в первой декаде июля. Дефицит осадков составил 27,0 мм. Выпавшие дожди во второй и третьей декадах несколько улучшили состояние посевов, но существенного влияния на накопление урожая не наблюдалось.

Наибольшее влияние на формирование зерна оказали минеральные удобрения, за счет которых увеличение урожайности составило по опыту 7,5–15,4 ц/га.

Не получено достоверного влияния изучаемых способов заделки органического вещества при исследовании последействия весенней вспашки. В то же время на фоне весеннего чизелевания без внесения удобрения наблюдалась достоверная прибавка (6,1 ц/га) при заделке соломы дисками, а зеленой массы редьки масличной – дискованием в два следа по отношению к контролю. Существенное превышение сбора зерна на этом фоне было также при заделке соломы плугом, а редька масличная оставалась как кулисная культура (4,2 ц/га). В целом не выявлено преимущества вспашки по отношению к чизелеванию, изучаемых в последействии.

В среднем за три года не получено достоверного положительного влияния вспашки на повышение урожайности зерна озимой ржи. Преимущество чизелевания установлено при заделке соломы дискованием, а редьки масличной – дисками в два следа при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$, где прибавка составила 2,9 ц/га

по отношению к вспашке и при заделке соломы плугом, когда редька масличная оставалась как кулисная культура без внесения удобрений (прибавка 2,6 ц/га).

Внесение минеральных удобрений на всех изучаемых вариантах обеспечило довольно высокие прибавки урожая зерна.

В среднем за три года более высокий сбор зерна озимой ржи (44,8 ц/га) отмечался при заделке соломы дискованием, а зеленой массы редьки масличной – дисками в два следа на фоне чизелевания, изучаемых в последствии при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$, где условно чистый доход составил 377,1 USD/га.

Анализ продуктивности звена севооборота картофель – ячмень – озимая рожь показал (табл. 6), что средний сбор кормовых единиц по весновспашке и чизелеванию весной изменялся несущественно (71,1 и 72,4 ц к.ед./га). Однако наибольшее превышение за счет чизелевания указанных величин (3,9 ц к.ед./га) получено при заделке соломы плугом, когда редька масличная оставалась как кулисная культура без внесения минеральных удобрений. Более эффективным было чизелевание и при заделке соломы дискованием, а зеленой массы редьки масличной – плугом как без удобрения (3,2 ц к.ед./га), так и при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ (3,8 ц к.ед./га).

Установлено, что более продуктивным был картофель, менее – зерновые культуры. Наибольшая продуктивность за звено севооборота (80,3 ц к.ед./га) получена на фоне вспашки при заделке соломы плугом, когда редька масличная оставалась без заделки с внесением $N_{90}P_{60}K_{120}$, что отмечалось и на фоне чизелевания, где сбор кормовых единиц получен 79,6 ц/га.

В настоящее время при оценке плодородия почв особое значение придается лабильному органическому веществу (ЛОВ). ЛОВ содержит относительно большое количество углерода и азота, других элементов питания и служит постоянным источником питательных веществ для растений, является довольно эффективным структурообразователем, оказывающим положительное влияние на структуру почвы.

Содержание ЛОВ за период чередования культур звена севооборота картофель – ячмень – озимая рожь не изменилось. Как до закладки полевых опытов, так и после оно было на уровне 0,30%. Это указывает на положительное влияние вносимых органических удобрений на содержание подвижных форм органического вещества в почве.

В основном наблюдалось уменьшение содержания ЛОВ в слое почвы 10–20 см по сравнению с 0–10 см. Это связано с использованием лабильного органического вещества на питание растений, корневая система которых находится в слое почвы 10–20 см.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 5

Влияние способов заделки органического вещества, весенней обработки почвы и минеральных удобрений на урожайность озимой ржи Алькора, 2011–2013 гг.

Вариант	Минеральные удобрения	Урожайность, ц/га						Условно-чистый доход, USD/га
		2011 г.		2012 г.		2013 г.		
		всего	±, к контролю	всего	±, к контролю	всего	±, к контролю	вспашке
Вспашка весной (18–20 см)								
1*	Без удобрений	26,7	—	35,8	—	29,1	—	30,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	45,8	—	41,6	—	42,1	—	43,2
2	Без удобрений	27,0	0,3	35,3	-0,5	31,1	2,0	31,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	45,7	-0,1	42,8	-1,4	39,8	-2,3	41,9
3	Без удобрений	31,6	4,9	35,3	-0,5	26,2	-2,9	31,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	44,2	-1,6	40,1	-1,5	40,2	-1,9	41,5
4	Без удобрений	26,7	—	31,7	-4,1	30,0	0,9	29,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	45,8	—	43,6	2,0	42,7	0,6	44,1
Чизелирование весной (18–20 см)								
1	Без удобрений	26,8	—	44,6	—	26,6	—	32,7
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	42,1	—	45,1	—	42,0	—	43,1

Окончание табл. 5

Вариант	Минеральные удобрения	2011 г.				2012 г.				Урожайность, ц/га				среднее	условно-чистый доход, USD/га
		всего	контроль	всего	контроль	всего	контроль	всего	контроль	всего	контроль	всего	контроль		
2	Без удобрений	25,2	-1,6	39,8	-4,8	32,7	6,1	32,6	-0,1	-1,5	-	-	-	276,5	
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	45,8	3,7	48,3	3,2	40,2	-1,8	44,8	1,7	-2,9	-	-	-	377,1	
3	Без удобрений	25,7	-1,1	36,6	-8,0	27,9	1,3	30,1	-2,6	1,0	-	-	-	237,4	
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	45,0	2,9	42,0	-3,1	41,9	-0,1	43,0	-0,1	-1,5	-	-	-	347,4	
4	Без удобрений	26,9	0,1	38,6	-6,0	30,8	4,2	32,1	-0,6	-2,6	-	-	-	268,7	
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	44,9	2,8	44,9	-0,2	42,4	0,4	44,1	1,0	-	-	-	-	364,6	
HCP ₆₅		3,6		3,6		3,8		3,8		2,5					

Примечание. 1 – дискование соломы + запашка сидерата (контроль); 2 – дискование соломы + дискование сидерата в два спеда; 3 – дискование соломы + сидерат без заделки; 4 – запашка соломы + сидерат без заделки.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 6
Влияние способов заделки органического вещества, весенней обработки почвы, минеральных удобрений на сбор кормовых единиц с севооборотной площади, 2009–2013 гг.

Вариант	Минеральные удобрения	Вспашка весной (18–20 см)				Чизелевание весной (18–20 см)				Прибавка за счет запашки сидерата
		картофель	ячмень	озимая рожь	среднее	картофель	ячмень	озимая рожь	среднее	
1.*	Без удобрений	91,8	53,6	44,2	63,2	98,4	53,3	47,4	66,4	-3,2
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	100,8	64,1	62,6	75,8	108,6	67,8	62,5	79,6	-3,8
2.	Без удобрений	92,4	59,4	45,1	65,6	92,7	53,6	47,3	64,5	1,1
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	108,0	66,0	60,8	78,3	108,0	63,9	65,0	79,0	-0,7
3.	Без удобрений	93,0	56,1	45,1	64,7	98,4	51,2	43,6	64,4	0,3
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	107,7	64,7	60,2	77,5	110,4	63,6	62,4	78,8	-1,3
4.	Без удобрений	90,9	56,3	42,8	63,3	98,4	56,6	46,5	67,2	-3,9
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	110,7	66,2	63,9	80,3	108,0	66,8	63,9	79,6	0,7
Среднее по фону						71,1			72,4	-1,3
	NCP_{05}	5,6	4,3	3,7	3,6	5,6	4,3	3,7	3,6	

Примечание. 1 – дисковование соломы + запашка сидерата (контроль); 2 – дискование соломы + дисковование сидерата в два следа; 3 – дисковование соломы + сидерат без заделки; 4 – запашка соломы + сидерат без заделки.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве на фоне осенней заделки редьки масличной дискованием в два следа, а также когда ее оставляли без заделки до весны, при внесении под картофель $N_{90}P_{60}K_{120}$ отмечено преимущество весенней вспашки, где условно чистый доход составил 1510–1566 USD/га. Величина прибавки колебалась в пределах 23–33 ц/га клубней. Без минеральных удобрений ни один из изучаемых способов заделки органических удобрений не имел явного преимущества на этом фоне.

Установлено достоверное преимущество чизелевания на фоне внесения под картофель $N_{90}P_{60}K_{120}$ при заделке соломы дискованием, а редьки масличной – плугом, а также при заделке соломы плугом, когда редька масличная оставалась без заделки на фоне без внесения удобрений. К тому же в этих случаях наблюдается повышение активности целлюлозоразрушающих бактерий.

Не выявлено закономерного влияния способов заделки органических удобрений на изменение товарности, содержание крахмала и нитратного азота в клубнях картофеля. Установлена четкая тенденция повышения товарности и уменьшения содержания крахмала при внесении минеральных удобрений, где и наблюдалось в основном повышение нитратного азота выше ПДК.

Выявлено, что наиболее экономически выгодно под картофель заделывать солому дисками, а редьку масличную оставлять как кулисную культуру, при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ на фоне весеннего чизелевания, где условно чистый доход составил 1608 USD/га.

2. Наибольшая урожайность зерна ячменя (45,2 ц/га) получена при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ на фоне последействия соломы, заделанной дисками, зеленой массы редьки масличной – плугом и весеннего чизелевания. Условно чистый доход составил 406,0 USD/га.

3. Максимальный в опыте сбор зерна озимой ржи (44,8 ц/га) отмечался при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ на фоне последействия соломы, заделанной дисками, зеленой массы редьки масличной заделанной дисками в два следа и весеннего чизелевания, при этом условно чистый доход составил 377,1 USD/га.

4. Наибольшая продуктивность звена севооборота картофель – ячмень – озимая рожь (80,3 ц к.ед./га) получена при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ под каждую культуру на фоне заделки соломы плугом и вспашки весной, а редька масличная оставалась как кулисная культура. Аналогичная урожайность получена и в вариантах с внесением минеральных удобрений на фоне весеннего чизелевания: сбор кормовых единиц составил 79,6 ц/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянчик, В.И. Роль промежуточных культур в повышении продуктивности звена севооборота / В.И. Ульянчик, М.Д. Панасюк, С.Н. Кобринец // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 323–326.
2. Ульянчик, В.И. Влияние промежуточных культур, соломы, минеральных удобрений на урожайность и продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой рыхло-супесчаной почве / В.И. Ульянчик, С.Н. Кобринец, Г.Н. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 172–181.

2. Плодородие почв и применение удобрений

3. Влияние различного использования зеленой массы редьки масличной, соломы, минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве // В.В. Лапа [и др.]. – Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 1(46). – С. 104–115.
4. Картофель / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАИнформ, 1999. – 270 с.
5. Венчиков, А.И. Системы земледелия для легких почв Среднего Предуралья / В.И. Венчиков // Земледелие. – 2006. – № 2. – С. 9–10.
6. Компоненты поверхностного компостирования растительных остатков на поле / Р.Ф. Еремина [и др.] // Земледелие. – 2006. – № 6. – С. 11–13.
7. Материалы второй Международной конференции по самовосстановливающемуся земледелию на основе системного подхода No-Till. – Днепропетровск: АгроСоюз, 2005. – 232 с.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 3-е изд. – М.: Колос, 1973. – 333 с.
9. Методика определения агрохимической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

INFLUENCE OF WAYS OF PLACEMENT OF ORGANIC MATTER ON PRODUCTIVITY OF CROP ROTATION ON SOD-PODZOLIC SANDY SOIL

V.V. Lapa, V.I. Ul'yanchik, T.M. Seraya, T.V. Gancharevich, S.N. Kobrinets

Summary

Influence of ways of placement of straw and green mass of oil radish, spring soil treatment on productivity of crop rotation potato – barley – rye and quality indexes of agricultural production on sod-podzolic light sandy loam soil was related.

Поступила 03.02.14

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЦЕОЛИТА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И АГРОХИМИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

В.И. Титова, Н.В. Забегалов

ФГБОУ ВПО «Нижегородская ГСХА», г. Нижний Новгород, Россия

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в нашей стране и за рубежом стремительно возрастает интерес к применению цеолита во многих сферах деятельности человека. В России цеолиты находят широкое применение в качестве компонента тепличного субстрата при выращивании различных сельскохозяйственных культур. Их используют для повышения плодородия почв и эффективности действия минеральных удобрений, уменьшения их слеживаемости, снижения содержания тяжелых металлов в почвах и растительных продуктах, очистки загрязненных вод в рыбном хозяйстве, дезодорации животноводческих помещений, в качестве добавок к комбикормам и концентратам [1, 2, 3].

Как показали исследования ряда ученых, цеолиты благодаря ионообменной способности при внесении в почву улучшают ее агрофизические и агрохимические свойства, нейтрализуют излишнюю кислотность, увеличивают емкость катионного обмена, пролонгируют действие внесенных удобрений, предотвращают вымывание питательных веществ [4–10]. Отмечено значительное увеличение под влиянием цеолитов поглотительной способности малоплодородных почв [11, 12]. Исследованиями выявлено, что активный кремнезем, поступающий в растения, способствует утолщению кремнецеллюлозного слоя эпидермальных тканей в междуузлиях соломинки, повышая их устойчивость к различным стрессовым ситуациям [13]. По мнению [14, 15], кремний влияет на гормональный статус растений, внося изменения в баланс фитогармонов, повышая содержание ауксинов, цитокининов и гибереллинов.

В целом использование природных кремнийсодержащих материалов может дать положительные результаты почти во всех почвах и на 10–30% увеличить урожайность многих сельскохозяйственных культур [16, 17] с последействием в течение 3–4 лет и более. Однако в зависимости от месторождения минералогический и химический состав цеолитов сильно разнится, что предопределяет их различную эффективность в сельскохозяйственном производстве [18, 19] и требует изучения материалов как каждого конкретного месторождения, так и исследований в разных почвенно-климатических условиях.

Целью исследований явилось изучение влияния цеолита Хотынецкого месторождения Орловской области (содержание доступного растениям кремния составляет не менее 20% от валового запаса) на урожайность, основные показатели качества яровой пшеницы и овса, а также на обеспеченность почвы

2. Плодородие почв и применение удобрений

соединениями кремния и его усвоение зерновыми культурами. Химический состав цеолита приведен в таблице 1.

Таблица 1
Физико-химические свойства цеолитсодержащих пород
Хотынецкого месторождения [20]

Показатель	Значение
Минералогический состав, %	клиноптиолит – 35–37; кристобалит – 12–38; кварц – 22; монтмориллонит – 5–14; гидрослюдя – 8–10; кальцит – 3
Плотность, г/см ³	2,2
Содержание минерала, %	38–45
Объемная масса, г/см ³	1,28
Катионообменная способность, мг-экв./100 г	34,2
pH	8,3
Химический состав, %	
SiO ₂	62,6
Al ₂ O ₃	19,6
CaO	8,17
MgO	2,2
Na ₂ O	1,5
K ₂ O	1,82
Токсичные элементы, мг/кг	
Свинец	23
Кадмий	1,2
Мышьяк	1,3
Ртуть	–

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в условиях вегетационного опыта (сосуды Митчерлиха на 5 кг), заложенного в 4-кратной повторности, на светло-серой лесной легкосуглинистой почве, сформировавшейся на покровных суглинках. Схема опыта и содержание вариантов показаны в таблице 2. Обеспеченность почвы подвижными соединениями фосфора и калия повышенная и средняя (127 и

105 мг/кг соответственно, по Кирсанову), содержание гумуса среднее, pH солевой вытяжки характеризует почву как слабокислую.

Таблица 2

Схема опыта и содержание вариантов

№	Содержание варианта	Краткое обозначение
1	Контроль, без удобрений	Контроль
2	Цеолит, из расчета 2 г физ. массы на 1 кг почвы	Цеолит
3	NPK по 0,25 г д.в. на 1 кг почвы	NPK
4	NPK + цеолит (2 г/кг + NPK по 0,25 г/кг)	NPK + цеолит

Учитывая способность цеолитов к пролонгации своего действия на почву и растения, вегетационный опыт был запланирован как двухлетний с последовательным выращиванием яровой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) сорта *Дарья* и овса (*Avena Sativa L.*) сорта *Комес*. Цеолит и минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат и хлористый калий) внесены в почву 1 раз при набивке сосудов (2009 г.). Первой культурой в опыте была яровая пшеница, после уборки которой сосуды были оставлены на хранение до следующего года. Весной 2010 г. сосуды были перебиты и в ту же почву, без добавления удобрений высевали вторую, последовательно выращиваемую культуру – овес. Посев, полив, уход за опытами и уборку осуществляли в соответствии с методикой закладки и проведения вегетационных опытов [21]. Аналитические работы выполнены в лабораториях кафедры агрохимии и агроэкологии НГСХА в соответствии с принятыми в современной лабораторной практике руководствами [22]. Содержание подвижного кремния в почве определено модифицированным методом Маллена и Райли с экстракцией кремния по Матыченкову [22], а в растениях – спектрофотометрически по Барсуковой [23]. Результаты исследований обработаны математически по Доспехову с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайные данные по зерновым культурам приведены в таблице 3. Они показывают, что сразу после внесения цеолита в почву как в чистом виде (вар. 2), так и по фону минеральных удобрений (вар. 4 в сравнении с вар. 3) он дает лишь тенденцию повышения урожайности зерна и соломы яровой пшеницы, но не математически доказательную прибавку. Внесение под пшеницу минерального удобрения высокоэффективно: более чем в 3 раза повышает сбор зерна и почти в 8 раз – соломы. Однако в последействии на овсе минеральные удобрения были неэффективны, а цеолит дал достоверную прибавку урожайности основной и побочной продукции на обоих вариантах с его внесением. Судя по соотношению зерно:солома, на долю зерна в биомассе яровой пшеницы приходится

2. Плодородие почв и применение удобрений

значительно большая часть, чем овса. Применение цеолита в последействии приводит к снижению массы соломы на фоне увеличения массы зерна овса.

Таблица 3
Влияние цеолита на урожайность надземной массы зерновых культур, г/сосуд

Вариант опыта	Зерно			Солома			Зерно: солома	
	урожайность	± к контролю		урожайность	± к контролю			
		г/сосуд	%		г/сосуд	%		
<i>яровая пшеница, прямое действие</i>								
1. Контроль	4,7	—	—	4,9	—	—	1:1,04	
2. Цеолит	6,5	1,8	38	7,7	2,8	57	1:1,19	
3. NPK	18,1	13,4	285	37,6	32,7	667	1:2,08	
4. NPK + цеолит	20,0	15,3	326	40,8	35,9	733	1:2,04	
HCP ₀₅	2,33	18		4,10	18	—		
<i>овес, последействие</i>								
1. Контроль	3,3	—	—	9,6	—	—	1:2,91	
2. Цеолит	5,6	2,3	70	12,1	2,5	26	1:2,16	
3. NPK	4,2	0,9	27	12,4	2,8	29	1:2,95	
4. NPK + цеолит	6,5	3,2	97	16,1	6,5	68	1:2,43	
HCP ₀₅	1,07	20		2,32	18	—		

В таблицах 4 и 5 приведены данные, характеризующие качество растительной продукции выращиваемых в опыте культур.

Таблица 4
Влияние цеолита на показатели качества зерна яровой пшеницы

Вариант опыта	Масса 1000 зерен			Протеин			Крахмал		
	содержание	± к контролю		содержание	± к контролю		содержание	± к контролю	
		г	%		г	%		г	%
Контроль	34,2	—	—	12,2	—	—	58,1	—	—
Цеолит	37,8	3,6	11	13,0	0,8	7	57,5	-0,6	-1
NPK	38,1	3,9	11	16,3	4,1	34	57,2	-0,9	-2
NPK + цеолит	36,9	2,7	8	15,5	3,3	27	59,6	1,5	3
HCP ₀₅	2,74	7		1,24	8		5,70	10	

Таблица 5

Влияние цеолита на показатели качества зерна овса

Вариант опыта	Масса 1000 зерен			Протеин			Крахмал		
	содержание	± к контролю		содержание	± к контролю		содержание	± к контролю	
		г	%		г	%		г	%
Контроль	32,0	—	—	11,0	—	—	50,2	—	—
Цеолит	33,5	1,5	5	11,7	0,7	6	52,2	2,0	4
NPK	33,9	1,9	6	12,5	1,5	14	51,9	1,7	3
NPK + цеолит	34,2	2,2	7	13,1	2,1	19	54,0	3,8	8
HCP ₀₅	1,41	4	—	1,05	8	—	3,52	7	

Согласно полученным данным, самое заметное влияние на качество основной продукции оказывает применение минеральных удобрений. Применение цеолита без минеральных удобрений положительно влияет на массу 1000 зерен, но никак не сказывается на содержании протеина и крахмала в зерне пшеницы и овса. Последействие совместного внесения минеральных удобрений и цеолита дает достоверное повышение массы 1000 зерен, содержания протеина и крахмала, но, согласно полученным данным, это есть результат действия минеральных удобрений, а не цеолита (разница в показателях между вар. 4 и 3 меньше HCP₀₅).

В конце проведения опыта были определены основные агрохимические показатели почвы (табл. 6).

Таблица 6

Агрохимическая характеристика почвы

Вариант	Гумус, %	pH _{KCl}	H _r	S	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг экв./100 г	мг/кг			
май, 2009 г.	2,1	5,5	2,3	12,1	84	127	105
сентябрь, 2010 г.							
1. Контроль	2,1	5,6	1,9	13,0	87	104	84
2. Цеолит	1,9	5,9	1,5	17,7	92	133	138
3. NPK	2,0	5,6	2,2	13,6	86	141	127
4. NPK + цеолит	2,2	6,0	1,7	17,8	91	150	113
HCP ₀₅	0,28	0,22	0,15	1,80	—	11,4	13,8

2. Плодородие почв и применение удобрений

Установлено, что применение цеолита оказывает заметное влияние на реацию почвенной среды, снижая обменную и гидролитическую кислотность и повышая степень насыщенности почв основаниями. Содержание подвижных соединений фосфора закономерно повышается как от применения минеральных удобрений, так и от использования цеолита. Изменения в содержании подвижных соединений калия не так прямолинейны, хотя его содержание увеличивается и в сравнении с началом опыта, и в сравнении с неудобренным контролем в конце опыта. Максимальное количество обменного калия отмечено на варианте с внесением цеолита без удобрений.

Результаты анализа почвенных образцов опытных вариантов на содержание в почве разных форм соединений кремния приведены в таблице 7.

Согласно полученным результатам, содержание актуального кремния оценивается как низкодефицитное [24]. Внесение природного кремнийсодержащего материала цеолита в неудобренную светло-серую лесную почву (вар. 2) позволило получить существенную прибавку в содержании высокодоступных растениям форм кремния (актуальных форм), а использование цеолита на удобренной почве способствует дополнительному доказательному приросту в содержании доступного для растений кремния (разница между вар. 3 и 4 больше НСР₀₅). Потенциальные запасы кремния при этом изменились незначительно, а тенденции изменения содержания активного кремния (показатель расчетный, основная доля в котором обусловлена содержанием актуальных соединений этого элемента) аналогичны динамике актуального кремния.

Таблица 7
Влияние цеолита на содержание кремния в почве, мг/кг

Вариант	Формы подвижного кремния								
	актуальный			потенциальный			активный		
	среднее, мг/кг	± к контролю		среднее, мг/кг	± к контролю		среднее, мг/кг	± к контролю	
		мг/кг	%		мг/кг	%		мг/кг	%
май, 2009 г.	25	—	—	110	—	—	360	—	—
сентябрь, 2010 г.									
Контроль	29	—	—	112	—	—	402	—	—
Цеолит	39	10	35	124	12	11	514	112	28
NPK	35	6	21	120	8	7	470	68	17
NPK + цеолит	44	15	52	132	20	18	572	170	42
HCP ₀₅	8,0	21,4	—	22,2	17,3				

Результаты учета содержания кремния в надземной массе зерновых культур показаны в таблице 8. Содержание кремния и в зерне, и в соломе зерновых культур

при внесении цеолита в целом выше, чем на контрольном варианте. Максимальным оно было на варианте совместного внесения минеральных удобрений и цеолита (причем участие цеолита в повышении содержания кремния в основной и побочной продукции зерновых культур было выше, чем участие минеральных удобрений, т.к. разница в содержании Si между вар. 4 и 3 выше, чем разница между вар. 4 и 2).

Таблица 8
Содержание кремния в надземной массе опытных культур, %

Вариант	Яровая пшеница		Овес	
	зерно	солома	зерно	солома
1. Контроль	0,53	0,73	0,45	0,66
2. Цеолит	0,57	0,77	0,48	0,70
3. NPK	0,55	0,76	0,47	0,70
4. NPK + цеолит	0,61	0,79	0,54	0,72

ВЫВОДЫ

Цеолит оказывает существенное положительное влияние на урожайность основной и побочной продукции в прямом действии на яровой пшенице и в последствии на овсе при использовании его по фону оптимальных доз минеральных удобрений. Использование цеолита на неудобренной почве нестабильно и в большей мере сказывается на урожайности соломы.

Совместное внесение цеолита и минеральных удобрений положительно влияет на накопление в зерне пшеницы и овса белковых веществ и крахмала, однако такой эффект обеспечивается прежде всего полным минеральным удобрением.

Применение цеолита способствует снижению почвенной кислотности, повышению содержания подвижных соединений фосфора и калия, а также увеличению содержания в почве доступных растениям форм кремния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации по определению экономической эффективности применения природных цеолитов в животноводстве и птицеводстве. – Новосибирск, 2000. – 22 с.
2. Возрастная физиология и патология сельскохозяйственных животных: матер. междунар. научн. конф., посв. 90-летию проф. В.Р. Филиппова. – Улан-Удэ, 2003. – 168 с.
3. Сельское хозяйство Севера на рубеже тысячелетий. – Магадан, 2004. – 184 с.
4. Ермолаев, А.А. Цеолиты в сельском хозяйстве / А.А. Ермолаев // Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – № 5. – С. 39–44.

2. Плодородие почв и применение удобрений

5. Романова, Г.А. Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2000. – Ч. 1. – 296 с.
6. Самутенко, Л.В. Оценка действия цеолита и серпентинита на плодородие почв Сахалина / Л.В. Самутенко // Сельское хозяйство Севера на рубеже тысячелетий. – 2004. – Ч. 2. – С. 71–77.
7. Кодякова, Т.Е. Применение собственных сырьевых ресурсов для улучшения плодородия почв ЕАО (К вопросу применения торфа, сапропеля, цеолитов, фосфоритов и карбонатов) / Т.Е. Кодякова // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул. – 2006. – Кн. 1. – С. 110–112.
8. Кузнецов, А.Ю. Изменение плотности почвы под влиянием цеолитсодержащей породы и удобрений / А.Ю. Кузнецов // Инновационные технологии в сельском хозяйстве. – Пенза, 2006. – С. 33–34.
9. Кузнецов, А.Ю. Влияние природного цеолита и удобрений на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / А.Ю. Кузнецов, Е.Н. Кузин // Плодородие. – 2009. – № 3. – С. 12–13.
10. Газданов, А.У. Восстановление деградированных горных кормовых угодий / А.У. Газданов, М.А. Юлдашев, И.Э. Солдатова // Земледелие. – 2008. – № 3. – С. 20–21.
11. Борошенко, В.П. Эффективность доз цеолита на посевах гороха / В.П. Борошенко, Е.П. Зинкевич, В.Н. Пакуль // Применение природных цеолитов в народном хозяйстве. – М., 1989. – Ч. 2. – С. 38–47.
12. Андроникашвили, Т.Г. Влияние использования природных цеолитов в качестве удобрений на химические и физико-химические свойства подзолистых и карбонатных почв влажных субтропиков Грузии / Т.Г. Андроникашвили, М.К. Гамисония, М.А. Кардава // Annals of Agrarian Science. – 2006. – Т. 4, № 1. – С. 9–14.
13. Кузнецов, А.Ю. Влияние природного цеолита и удобрений на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / А.Ю. Кузнецов, Е.Н. Кузин // Плодородие. – 2009. – № 3. – С. 12–13.
14. Сластя, И.В. Оценка отзывчивости различных сортов ячменя на обработку кремнийсодержащими веществами / И.В. Сластя // Доклады ТСХА МСХА. – 2006. – Вып. 278. – С. 676–680.
15. Сластя, И.В. Влияние кремния на рост растений и баланс эндогенных фитогормонов ярового ячменя / И.В. Сластя, В.Н. Ложникова // Агрохимия. – 2010. – № 3. – С. 34–39.
16. Капранов, В.Н. Влияние кремния на структуру, прочность стебля и урожайность озимой тритикале / В.Н. Капранов // Агрохимический вестник. – 2008. – № 2. – С. 32–34.
17. Капранов, В.Н. Инкрустация семян кремнийсодержащими веществами / В.Н. Капранов, Б.А. Сушеница // Плодородие. – 2009. – № 3. – С. 16–18.
18. Цицишвили, Г.В. Природные цеолиты. – М.: Химия, 1991. – 190 с.
19. Янукин, Е.Н. Месторождения цеолитов. – М.: Научный мир, 1998. – 132 с.
20. Лобода, Б.П. Применение цеолитсодержащего минерального сырья в растениеводстве / Б.П. Лобода // Агрохимия. – 2000. – № 6. – С. 78–91.
21. Пискунов, А.С. Методы агрохимических исследований / А.С. Пискунов. – М.: Колос. – 312 с.

22. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
23. Титова, В.И. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем: учеб. пособие для вузов / В.И. Титова, Е.В. Дабахова, М.В. Дабахов; Нижегородская гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. – 170 с.
24. Матыченков, В.В. Градация почв по дефициту доступного растениям кремния / В.В. Матыченков // Агрохимия. – 2007. – № 7. – С. 22–27.

COMPARATIVE STUDY OF ZEOLITE AND MINERAL FERTILIZERS INFLUENCE ON PRODUCTIVITY OF GRAIN AND AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LIGHT GRAY FOREST LOAM SOIL

V.I. Titova, N.V. Zabegalov

Summary

Results of a two-year vegetation experiment of studying the effect (spring wheat) and aftereffect (on oats) of zeolite introduced in pure form (2 g/kg) or on the background of mineral fertilizers (NPK to 0.25 g/kg) are adduced. It had been found that the using of zeolite on unfertilized soil is unstable and largely affects the yield of the straw. Mineral fertilizers have the highly effective direct action, the grain yield was tripled and the yield of straw is increased in eight times. However, an aftereffect on oats were ineffective, and the zeolite gave reliable increase of main and secondary productivity on the background trend of increase in weight of 1000 grains, protein and starch in the grain. Using of a zeolite leads to a decrease in the acidity, increase in the content of movable phosphorus compounds (at 29 mg/kg or 28% of the absolute control) and potassium (54 mg/kg, or more than 60% of the control). Zeolite increases the content of silicium forms in the soil, available to the plants (30% compared to control, and in comparison with the embodiment NPK too) that gives a tendency to increase of the silicon content in plants.

Поступила 10.03.14

УДК 631.879.42

БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАННОЙ ПОЧВЕ

О.В. Абрамович

Полесская опытная станция ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского», г. Луцк, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Украина имеет все основания стать одной из ведущих сельскохозяйственных стран мира, учитывая ее природно-климатические условия, запасы плодородных почв, промышленный потенциал и количество трудоспособного населения [1]. Однако этого не происходит из-за нерационального использования сельхозресурсов на протяжении многих десятилетий. По мнению В.А. Грекова и Л.В. Дацко, среди основных причин нынешней деградации почв является недостаточное внесение органических и минеральных удобрений, в результате чего наблюдается отрицательный баланс питательных веществ и гумуса [2].

Поэтому весьма актуальным на сегодняшний день является поиск путей для создания оптимальной системы применения удобрений в севооборотах Западного Полесья Украины, которая бы урегулировала уровень элементов питания почвы [3]. Расчет баланса последних является доступным средством контроля состояния плодородия, позволяя определить насколько внесение основных элементов с удобрениями покрывает их расходы, связанные с урожаем сельскохозяйственных культур. Поэтому он является научной основой агротехнологий, направленных на охрану и воспроизводство плодородия почв, а также получения сельскохозяйственной продукции высокого качества.

К сожалению, сейчас ситуация довольно критическая, поскольку расчет баланса элементов питания (БЭП) в почвах Украины в целом и на Полесье в частности указывает на его неблагоприятное состояние. Это является следствием недостаточной компенсации количества биогенных элементов, вынесенных урожаями сельскохозяйственных культур, что приводит к снижению плодородия [4]. Такое положение связано с уменьшением производства традиционных органических удобрений, нерациональным использованием сырьевых ресурсов, а также внесением сложных минеральных удобрений, доля азота в которых существенно превышает другие элементы. В результате мы наблюдаем обострение деградационных процессов вследствие нарушения основного экологического закона – компенсации внесением экологически и экономически обоснованных норм удобрений [5, 6].

В связи с этим возникли объективные предпосылки для применения в земледелии широкого ассортимента удобрений биогенного происхождения – компостов, биокомпостов, ферментированных удобрений, биогумуса и др. Их составными компонентами могут быть куриный помет, сапропель, торф, органические отходы различных производств и т.д. Оценка состояния баланса

элементов питания в системе удобрение – почва – растение является важной характеристикой эффективности использования этих удобрений. Поэтому целью наших исследований был расчет хозяйственного выноса и оценка состояния баланса элементов питания за звено севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве при внесении органических ферментированных удобрений (ОФУ).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния различных систем удобрения на вынос и баланс элементов питания в картофельно-зерновом севообороте проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве опытного поля Колковского высшего профессионального училища, расположенного в Маневичском районе Волынской области.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: гумус – 1,71%, нитратный и аммиачный азот – 38,3 мг/кг и 15,6 мг/га соответственно, pH_{KCl} – 5,6 ед., содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 121,8 и 91 мг/кг почвы.

В опыте выращивали культуры районированных сортов: картофель (*Solanum tuberosum L.*) – Санте, овес (*Avena sativa L.*) – Райдужний, люпин желтый (*Lupinus Luteus L.*) – Світязь. Схема размещения растений картофеля – 70 см x 25 см с междурядьем 45 см. Посев овса и люпина желтого проводился обычным строчным способом с шириной междурядий 11 см. Площадь посадочного (посевного) участка – 21 м², повторность вариантов – трехкратная. Учет урожая проводили сплошным методом со всей учетной площади участков. Агротехника выращивания картофеля, овса и люпина желтого – общепринятая для зоны Полесья Украины.

В вариантах, где предусматривалось внесение минеральных удобрений, использовали аммиачную селитру (д.в. 34% N, ГОСТ 2-85), суперфосфат гранулированный (д.в. 19% P₂O₅, ГОСТ 5956-78) и калимагнезий (д.в. 29% K₂O, ТУ У 6-05743160.002-94).

Математическую обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа по прописи Б.А. Доспехова с использованием ПЭВМ с привлечением пакетов специальных программ Microsoft Excel'10 и Statgraphics Plus 3.0.

Изучение эффективности различных норм органического ферментированного удобрения проводили в звене севооборота картофель – овес – люпин желтый. Под овес и люпин желтый удобрения не вносили. Под картофель вносили органические и минеральные удобрения по следующей схеме:

1. Без удобрений (контроль);
2. Навоз – 30 т/га;
3. Органические ферментированные удобрения (ОФУ) – 7,5 т/га;
4. Органические ферментированные удобрения (ОФУ) – 15 т/га;
5. Органические ферментированные удобрения (ОФУ) – 22,5 т/га;
6. Навоз – 15 т/га + N₉₀P₆₀K₁₂₀ (хозяйственный контроль);
7. Органические ферментированные удобрения (ОФУ) – 7,5 т/га + N₉₀P₆₀K₁₂₀.

Характеристика навоза КРС (влажность 75%) и исследуемого удобрения (влажность 41%) в среднем за годы исследований была следующей

2. Плодородие почв и применение удобрений

(на сухое вещество): содержание органического вещества – 86,4% и 31,7%, азота – 2,27% и 1,90%, фосфора – 1,16% и 1,29%, калия – 2,68% и 0,98% соответственно. Согласно данным показателям, проводились расчеты доз органического ферментированного удобрения, соответственно, азотом, внесенным с подстиlocным навозом КРС в дозе 30 т/га. ОФУ изготавлялось путем аэробной ферментации с использованием куриного помета и ила прудов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления круговорота веществ, а также предоставления математической оценки процессов, которые определяют изменения плодородия дерново-слабоподзолистой почвы, мы использовали балансовый метод расчета элементов питания, который разработан ННЦ «ИПА им. А.Н. Соколовского» [7], в севообороте картофель – овес – люпин желтый на зеленую массу. Требуемые значения и коэффициенты для расчетов брали с соответствующих справочников и рекомендаций [7–12].

Согласно расчетам и в соответствии со схемой исследований, было внесено 270 кг/га д.в. минеральных удобрений, 456 кг/га элементов питания из 30 т/га навоза и 370,5 кг/га с 15 т/га ОФУ, из которых соответственно: азота – 90 кг/га, 168 кг/га и 168 кг/га; фосфора – 60 кг/га, 87 кг/га и 115,5 кг/га; калия – 120 кг/га, 201 кг/га и 87 кг/га.

В прибыльной статье баланса наряду с поступлением элементов питания за счет органических (навоз и ОФУ) и минеральных ($N_{90}P_{60}K_{120}$) удобрений были также учтены посевной материал, атмосферные осадки, симбиотическая и несимбиотическая фиксация азота.

Ежегодная несимбиотическая фиксация азота принята в размере 10 кг/га, а симбиотическая – 84% от выноса азота продукцией люпина желтого [10]. Установлено, что с атмосферными осадками ежегодно в зоне Полесья Украины поступает 8,70 кг/га азота, 0,12 кг/га фосфора и 8,2 кг/га калия [12]. Нами рассчитано, что с клубнями картофеля, а также семенами овса и люпина в почву поступало соответственно: 10,80 кг/га, 3,13 кг/га, 10,70 кг/га азота; 3,0 кг/га, 1,21 кг/га, 2,36 кг/га фосфора; 15,9 кг/га, 0,92 кг/га, 4,14 кг/га калия.

При составлении баланса, в соответствии со справочными данными [7], принято следующие содержание азота, фосфора и калия в 1 ц основной продукции: картофеля – 0,37 кг, 0,11 кг, 0,55 кг; овса – 1,89 кг, 0,83 кг, 0,51 кг; люпина – 0,5 кг, 0,07 кг, 0,3 кг соответственно. В расходной части баланса, кроме выноса элементов питания растениями, учитывали потери азота в газообразной форме (денитрификация), которые, согласно данным, составляют 24%, и потери из-за промывки почвы, составляющие в условиях Полесья Украины 15% от внесенного с органическими и минеральными удобрениями.

Для пересчета прироста урожайности сельскохозяйственных культур в зерновые единицы использовались следующие коэффициенты: 0,25 – для картофеля, 0,8 – овса, 0,17 – люпина желтого.

В результате исследований установлено, что продуктивность звена севооборота картофель – овес – люпин желтый в сумме за три года в зависимости от вариантов опыта была достаточно высокой и составила 14,46–18,67 т з.ед./га (табл. 1).

Таблица 1

Прирост продукции в звене севооборота за счет удобрения

Вариант	Культуры звена севооборота						Урожай за звено севооборота	
	картофель			овес			люпин на зеленую массу	
	урожай, з.ед. т/га	прирост з.ед. т/га	%	урожай, з.ед. т/га	прирост з.ед. т/га	%	урожай, з.ед. т/га	прирост з.ед. т/га
Без удобрений (контроль)	4,85	—	—	1,84	—	—	4,62	—
Навоз – 30 т/га	6,75	1,90	39	2,22	0,38	21	8,19	3,57
ОФУ – 7,5 т/га	5,98	1,13	23	2,06	0,22	12	6,43	1,80
ОФУ – 15,0 т/га	6,75	1,90	39	2,27	0,43	23	8,62	4,00
ОФУ – 22,5 т/га	7,38	2,53	52	2,37	0,53	29	8,93	4,30
Навоз 15 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	7,45	2,60	54	2,16	0,32	17	7,07	2,45
ОФУ 7,5 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	7,08	2,23	46	2,12	0,28	15	6,49	1,87

2. Плодородие почв и применение удобрений

Сопоставление приходных и расходных статей баланса (табл. 1–3) показало, что в конце третьей ротации звена севооборота в варианте без применения удобрений имело место значительное истощение почвы калием и в меньшей степени – азотом и фосфором. При этом баланс оказался отрицательным: по азоту – 91,1 кг/га, фосфору – 69,1 кг/га, калию – 250,2 кг/га, а возмещение фосфора и калия было на очень низком уровне (9% и 15%).

Применение удобрений под первую культуру звена севооборота существенно улучшало БЭП по сравнению с неудобряемым вариантом. Так, баланс азота на конец ротации при внесении 15 т/га и 22,5 т/га ОФУ был положительный и составил соответственно 15,1 кг/га и 82,0 кг/га, при этом компенсация выноса данного элемента равнялась 103% и 116% (табл. 2).

Таблица 2
Баланс азота и его интенсивность в севообороте

Вариант	Статьи баланса	Культуры звена севооборота			За звено севооборота
		картофель	овес	люпин на з/м	
Без удобрений (контроль)	Поступления, кг/га	29,5	21,8	157,3	208,6
	Расходы, кг/га	104,1	59,6	136,0	299,7
	Баланс (+или–), кг/га	–74,6	–37,8	21,3	–91,1
	Интенсивность, %	28	37	116	70
Навоз – 30 т/га	Поступления, кг/га	197,5	21,8	256,0	475,3
	Расходы, кг/га	144,9	72,1	241,0	457,9
	Баланс (+или–), кг/га	52,6	–50,2	15,0	17,4
	Интенсивность, %	136	30	106	104
ОФУ – 7,5 т/га	Поступления, кг/га	113,5	21,8	207,1	342,4
	Расходы, кг/га	128,2	66,6	189,0	383,8
	Баланс (+или–), кг/га	–14,7	–44,8	18,1	–41,4
	Интенсивность, %	89	33	110	89
ОФУ – 15,0 т/га	Поступления, кг/га	197,5	21,8	267,7	487,1
	Расходы, кг/га	144,9	73,6	253,5	472,0
	Баланс (+или–), кг/га	52,6	–51,8	14,2	15,1
	Интенсивность, %	136	30	106	103

Окончание табл. 2

Вариант	Статьи баланса	Культуры звена севооборота			За звено севооборо-рота
		картофель	овес	люпин на з/м	
ОФУ – 22,5 т/га	Поступления, кг/га	281,5	21,8	276,2	579,5
	Расходы, кг/га	158,3	76,7	262,5	497,5
	Баланс (+или–), кг/га	123,2	–54,9	13,7	82,0
	Интенсивность, %	178	28	105	116
Навоз 15 т/га + $N_{90}P_{60}K_{120}$	Поступления, кг/га	203,5	21,8	225,0	450,3
	Расходы, кг/га	188,7	70,0	208,0	466,7
	Баланс (+или–), кг/га	14,8	–48,2	17,0	–16,4
	Интенсивность, %	108	31	108	96
ОФУ – 7,5 т/га + $N_{90}P_{60}K_{120}$	Поступления, кг/га	203,5	21,8	209,0	434,3
	Расходы, кг/га	180,6	68,7	191,0	440,3
	Баланс (+или–), кг/га	22,9	–46,9	18,0	–6,0
	Интенсивность, %	113	32	109	99

При самостоятельном применении навоза и ОФУ в дозах, эквивалентных уровню азота, более дефицитным оказался баланс на варианте с ОФУ, в то же время его интенсивность была практически равнозначной – 104% и 103% соответственно. Однако совместное внесение органических и минеральных удобрений меняет ситуацию в противоположную сторону. Применение 7,5 т/га ОФУ + $N_{90}P_{60}K_{120}$ по сравнению с вариантом 15 т/га навоза + $N_{90}P_{60}K_{120}$ способствует уменьшению дефицитности баланса и увеличению компенсации выноса первого. Это свидетельствует о его лучшей эффективности в обеспечении азотом удобрений культур звена севооборота.

Необходимо обратить внимание на то, что даже на вариантах с отрицательными значениями баланса азота можно компенсировать его дефицит путем подкормки второй культуры севооборота, в данном случае овса, согласно расчетам и физиологическим потребностям.

По данным таблицы 3, дефицит баланса фосфора при внесении его минимальной дозы 57,8 кг/га (7,5 т/га ОФУ) составил 28,8 кг/га и привел к низкой компенсации выноса (69%). Такая же ситуация наблюдалась на варианте с 30 т/га навоза, где дефицит составлял 18,9 кг/га. При увеличении дозы ОФУ с 7,5 т/га до 15 т/га и 22,5 т/га баланс данного элемента был положительным с существенным превышением доходных статей. При этом компенсация выноса составляла 111% и 154% соответственно.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Фосфор, который был внесен за счет органоминеральной системы, позволил компенсировать вынос данного элемента и даже достичь уравновешенного его баланса. При этом стоит отметить, что лучший баланс фосфора 22,7 кг/га обеспечило внесение органического ферментированного удобрения в сочетании с $N_{90}P_{60}K_{120}$, в отличие от 3,2 кг/га фосфора, полученного при применении 15 т/га навоза + $N_{90}P_{60}K_{120}$.

Таблица 3
Баланс фосфора и его интенсивность в севообороте

Вариант	Статьи баланса	Культуры звена севооборота			За звено севооборота
		картофель	овес	люпин на з/м	
Без удобрений (контроль)	Поступления, кг/га	3,1	1,3	2,5	6,9
	Расходы, кг/га	29,2	27,8	19,0	76,0
	Баланс (+или–), кг/га	–26,1	–26,5	–16,6	–69,1
	Интенсивность, %	11	5	13	9
Навоз – 30 т/га	Поступления, кг/га	90,1	1,3	2,5	93,9
	Расходы, кг/га	40,6	33,6	38,6	112,8
	Баланс (+или–), кг/га	49,5	–32,3	–36,1	–18,9
	Интенсивность, %	222	4	6	83
ОФУ – 7,5 т/га	Поступления, кг/га	60,9	1,3	2,5	64,7
	Расходы, кг/га	36,0	31,0	26,5	93,5
	Баланс (+или–), кг/га	24,9	–29,7	–24,0	–28,8
	Интенсивность, %	169	4	9	69
ОФУ – 15,0 т/га	Поступления, кг/га	118,6	1,3	2,5	122,4
	Расходы, кг/га	40,6	34,3	35,5	110,4
	Баланс (+или–), кг/га	78,0	–33,0	–33,0	12,0
	Интенсивность, %	292	4	7	111
ОФУ – 22,5 т/га	Поступления, кг/га	176,4	1,3	2,5	180,2
	Расходы, кг/га	44,4	35,8	36,8	116,9
	Баланс (+или–), кг/га	132,0	–34,4	–34,3	63,3
	Интенсивность, %	397	4	7	154

Вариант	Статьи баланса	Культуры звена севооборота			За звено севооборота
		картофель	овес	люпин на з/м	
Навоз 15 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	Поступления, кг/га	106,6	1,3	2,5	110,4
	Расходы, кг/га	45,4	32,6	29,1	107,2
	Баланс (+или–), кг/га	61,2	-31,3	-26,6	3,2
	Интенсивность, %	235	4	9	103
ОФУ – 7,5 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	Поступления, кг/га	120,9	1,3	2,5	124,7
	Расходы, кг/га	43,2	32,0	26,7	101,9
	Баланс (+или–), кг/га	77,7	-30,7	-24,3	22,7
	Интенсивность, %	280	4	9	122

В отличие от азота и фосфора, баланс калия на конец ротации звена севооборота во всех вариантах исследований был дефицитным, однако удобрения существенно улучшали его интенсивность (табл. 4). Если при норме 7,5 т/га ОФУ баланс был с дефицитом 280,5 кг/га, а компенсация выноса составляла 24%, то при дозах 15 т/га и 22,5 т/га дефицит находился на уровне 307,9 кг/га и 291,4 кг/га с компенсацией 30% и 38% соответственно. Что касается органоминеральной системы удобрения, то лучшим в данном отношении является сочетание навоза с минеральными удобрениями – интенсивность баланса 61% против 51% в варианте 7,5 т/га ОФУ.

Сравнивая статьи прихода и расхода калия, следует отметить достаточно высокий вынос данного элемента сельскохозяйственными культурами. Из-за этого каждый год происходят его значительные потери, которые не компенсируются органоминеральной системой удобрения с внесением 120 кг д.в. калимагнезии и 15 т/га навоза (поступило K₂O 220,5 кг/га) и другими статьями поступлений.

Как известно, одним из показателей агроэкологической устойчивости агротехнических систем является интенсивность баланса (ИБ) элементов питания. По обобщенным данным, для дерново-подзолистых почв Украины ИБ, которая обеспечивает полную производительность и экологическую безопасность севооборота, должна составлять: азота 110–120%, фосфора – 170–200%, калия – 100–115%. В проведенных нами исследованиях интенсивность баланса при применении ОФУ под первую культуру звена севооборота (картофель) составляет: азота – 89–178%, фосфора – 169–397%, калия – 37–69%, по органоминеральной системе соответственно – 113%, 280% и 85%.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 4

Баланс калия и его интенсивность в севообороте

Вариант	Статьи баланса	Культуры звена севооборота			За звено севооборота
		картофель	овес	люпин на з/м	
Без удобрений (контроль)	Поступления, кг/га	24,1	9,1	12,3	45,6
	Расходы, кг/га	146,9	67,3	81,6	295,8
	Баланс (+или–), кг/га	–122,8	–58,2	–69,3	–250,2
	Интенсивность, %	16	14	15	15
Навоз – 30 т/га	Поступления, кг/га	225,1	9,1	12,3	246,6
	Расходы, кг/га	204,4	81,4	144,6	430,3
	Баланс (+или–), кг/га	20,7	–72,2	–132,3	–183,8
	Интенсивность, %	110	11	9	57
ОФУ – 7,5 т/га	Поступления, кг/га	67,6	9,1	12,3	89,1
	Расходы, кг/га	180,9	75,2	113,4	369,5
	Баланс (+или–), кг/га	–113,3	–66,1	–101,1	–280,5
	Интенсивность, %	37	12	11	24
ОФУ – 15,0 т/га	Поступления, кг/га	111,1	9,1	12,3	132,6
	Расходы, кг/га	204,4	83,1	152,1	439,6
	Баланс (+или–), кг/га	–93,3	–74,0	–139,8	–307,0
	Интенсивность, %	54	11	8	30
ОФУ – 22,5 т/га	Поступления, кг/га	154,6	9,1	12,3	176,1
	Расходы, кг/га	223,3	86,6	157,5	467,4
	Баланс (+или–), кг/га	–68,7	–77,5	–145,2	–291,4
	Интенсивность, %	69	11	8	38

Вариант	Статьи баланса	Культуры звена севооборота			За звено севооборота
		картофель	овес	люпин на з/м	
Навоз 15 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	Поступления, кг/га	244,6	9,1	12,3	266,1
	Расходы, кг/га	231,6	79,0	124,8	435,4
	Баланс (+или–), кг/га	13,0	-69,9	-112,5	-169,3
	Интенсивность, %	106	12	10	61
ОФУ – 7,5 т/га + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	Поступления, кг/га	187,6	9,1	12,3	209,1
	Расходы, кг/га	220,2	77,6	114,6	412,4
	Баланс (+или–), кг/га	-32,6	-68,4	-102,3	-203,3
	Интенсивность, %	85	12	11	51

ВЫВОДЫ

Исходя из приведенных результатов расчета баланса элементов питания и интенсивности баланса, мы можем констатировать, что применение созданных с помощью местных сырьевых ресурсов органических ферментированных удобрений как самостоятельно в дозах 15 т/га и 22,5 т/га, так и в комплексе с минеральными удобрениями позволяет обеспечить бездефицитный баланс фосфора и азота в севообороте картофель – овес – люпин желтый. Что касается баланса калия, то его дефицитность обусловлена низким содержанием данного элемента в исследуемом удобрении (0,98% на сухое вещество) и, как уже отмечалось, повышенной в нем потребностью выращиваемых культур. Поэтому при внедрении в сельхозпроизводство данных систем удобрения необходимо учитывать приведенные факторы, предусматривать дополнительное внесение калийных удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гладюк, М.М. Основи агрохімії. Хімія в сільському господарстві: [підруч. для старш. кл. загальноосвіті. навч. закл., спец. кл. агрохім. профілю, вищ. навч. закл. (I-II ступеня акредитації)] / М.М. Гладюк. – К.: Ірпінь, Перун, 2003. – 288 с.
- Греков, В.О. Охорона і відтворення родючості ґрунтів у зональних агрокосистемах / В.О. Греков, Л.В. Дацько // Агроекологічний журнал. – 2009. – № 1. – С. 43–45.

2. Плодородие почв и применение удобрений

3. Сучасний стан родючості ґрунтів Волинської області / М. І. Зінчук [та інш.] // Збірник наукових праць Волинського інституту агропромислового виробництва. – Луцьк: Надстир'я, 2006. – С. 97–104.
4. Долженчук, В.І Баланс поживних речовин у землеробстві Рівненської області / В.І. Долженчук, Г.Д. Крупко / Біологічні системи: науковий вісник Чернівецького університету. Біологія. – 2012. – Т. 4, вип. 3. – С. 285–287.
5. Дегодюк, Е.Г. Екологічна безпека систем землеробства. Еколо-техногенна безпека України / Е.Г. Дегодюк, С.Е. Дегодюк. – К.: ЕКМО, 2006. – С. 201–217.
6. Шувар, І.А. Біологічне землеробство та його перспективи / І.А. Шувар, Б.І. Шувар // Агросектор. – 2007. – № 9(23). – С. 18–21
7. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління / С.А. Балюк [и др.]. – Харків: КП «Міська друкарня», 2011. – 30 с.
8. Щербаков, А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. – М.: Колос, 1983. – 189 с.
9. Методические рекомендации по изучению показателей плодородия почв, баланса гумуса и питательных веществ в длительных опытах / А.Е. Андреева [и др.]. – М.: ВАСХНИЛ, 1987. – 80 с.
10. Культура кормового люпину на Україні / Ф.М. Бровенко [та інш.]. – 2-ге вид., переробл. та доповн. – К.: Урожай, 1971. – 216 с.
11. Склад і живлення рослин / В. П. Гудзь [та інш.] // Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії. – Київ, 2007. – С. 127–140
12. Дацько, Л.В. Розрахунок балансу поживних речовин у землеробстві України / Л.В. Дацько // Посібник українського хлібороба. – 2008. – С. 65–68

EFFECT OF FERMENTED ORGANIC FERTILIZER ON THE BALANCE OF NUTRIENTS ON SOD-PODZOLIC SANDY SOIL

O.V. Abramovich

Summary

Data of calculation of basic nutrient balance and productivity of crop rotation link potato – oats – yellow lupine in the application of new organic and organic-mineral fertilizer systems are resulted and analyzed in the article. Proven ability to replace manure fermented organic fertilizers without reducing the productivity of the soil.

Поступила 17.04.14

УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

С.И. Бурыкина, А.В. Сметанко, В.Н. Пилипенко

Институт сельского хозяйства Причерноморья

Национальной академии аграрных наук Украины, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Одесская область расположена на крайнем юго-западе Украины, занимает территорию Северо-Западного Причерноморья от устья р. Дуная до Тилигульского лимана. Беляевский район находится в юго-восточной части области и не имеет прямого выхода к морю, климат до недавнего времени – умеренно-континентальный с жарким сухим летом и мягкой малоснежной зимой. Среднесуточная температура воздуха летом 23 °C, января – –2 °C, средняя величина годовых осадков – 400...440 мм.

За последние пять десятилетий климат Украины и Одесской области в том числе изменился: среднегодовая среднесуточная температура воздуха выросла на 0,34°C, весенне-летнего периода – на 0,92 °C, а осеннего – снизилась на 0,70 °C [1]. Но, как отмечают экологи, климат не только меняется, он становится более разбалансированным: за страшными засухами следуют аномальные похолодания, сильнейшие ливни, сопровождающиеся ураганным ветром [7]. К сожалению, для Одесской области такие природные катаклизмы уже не являются уникальными и неблагоприятные условия, как правило, приходятся на период налива зерна озимых колосовых (сильная засуха 2012, 2013 гг.) и/или на их уборку (дождливая влажная погода, ливни 2011, 2013 гг.).

Изменения климата требуют адаптивной перестройки технологий возделывания зерновых культур. Например, учеными ИСХ Причерноморья установлено, что оптимальные сроки сева озимой пшеницы в складывающихся погодных условиях сдвигаются на более поздние: если обычно считались оптимальными – с 15 по 25 сентября, то сейчас – с 25 сентября по 5 октября [2–5]. Таким же образом требуют уточнения, конкретизации дозы и сроки внесения минеральных удобрений.

С учетом вышеуказанного проведение исследований по влиянию доз и сроков внесения удобрений на урожай и качество пшеницы озимой является актуальным и представляет практический интерес.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в стационарном опыте с удобрениями отдела агрохимии и плодородия почв и в краткосрочных – отдела растениеводства Института сельского хозяйства Причерноморья НААНУ. Стационарный опыт заложен в 1972 г., в настоящее время идет пятая ротация паропропашного полевого

2. Плодородие почв и применение удобрений

севооборота со следующим чередованием культур: черный пар, озимая пшеница, рапс озимый, пшеница озимая, сидеральный пар (вика озимая), пшеница озимая, пшеница озимая. Площадь опытной делянки – 240 м², учетной – 100 м²; повторность во времени – четырехразовая, в пространстве – трехразовая, размещение вариантов систематическое. Минеральные удобрения вносились под основную обработку почвы в виде аммиачной селитры, суперфосфата, калийной соли. Дозы внесения удобрений приведены при изложении результатов.

В краткосрочном опыте пшеница озимая возделывалась в шестипольном севообороте: черный пар, пшеница озимая, горох, пшеница озимая, рапс озимый, пшеница озимая. Площадь опытной делянки – 64 м², учетной – 26,4 м², повторность вариантов в опыте – четырехразовая. Минеральный азот в дозе N₆₀ в виде мочевины вносили на фоне P₆₀ (основное внесение) в следующие сроки:

- по тало-мерзлой почве (январские – февральские «окна»);
- возобновление вегетации, стабильное превышение среднесуточной температуры на 4–5 °C тепла;
- в начале выхода в трубку – отделение первого стеблевого узла от узла кущения на главных стеблях;
- массовое трубкование;
- появление флагового листа (появление кончика листа с пазухи предпоследнего листа на главных стеблях);
- перед колошением – расширение пазухи верхних листьев от растущего колоса;
- колошение – от появления 1/3 колоса с пазухи листа до появления первых пыльников с колоса главных стеблей.

Все сроки мочевина вносились в сухом виде на поверхность почвы, обусловлено это следующим: в предыдущих наших исследованиях было установлено, что опрыскивание посевов после фазы колошения раствором карбамида даже 8% концентрации, не говоря о традиционно рекомендуемой 20–30%, приводит к ожогам колоса, так как в последние десятилетия период развития растений пшеницы от колошения до налива зерна чаще всего проходит в условиях выше среднемноголетних среднесуточных температур воздуха [8–9].

Кроме того, в краткосрочный опыт был включен вариант с элементами биологизации технологии возделывания озимой пшеницы, который включал: использование биологических азотных удобрений в виде ризоагрина на основе *Agrobacterium radiobacter*, фосфорных – ФМБ на основе фосфатомобилизующих бактерий *Enterobacter nimi pressuralis* и биологического фунгицида планриз – *Pseudomonos fluorescens*. Композицией этих препаратов в дозе 3,0 л/т, 2,0 и 1,5 соответственно инокулировали семена непосредственно перед посевом.

На варианте зональной технологии семена сорта Кнопа пропарчивали препаратом Витавакс 200 ФФ, под предпосевную культивацию вносили фосфорные удобрения в виде суперфосфата (40 кг/га), в фазу кущения растений проводили подкормку азотом в виде аммиачной селитры (60 кг/га) вразброс по поверхности почвы. На всех вариантах опыта (не исключая и вариант с элементами биологизации) в борьбе с мышевидными грызунами использовали бактероденцид, против сорняков посевы обрабатывали гербицидом гранстар, против клопа-черепашки – инсектицидом Би–58.

Сроки посева пшеницы озимой – 30 сентября. Сбор урожая проводили комбайном «Sampo–500» по делянкам с отбором образцов для анализа; масса зерна пересчитывалась на стандартную 14% влажность и 100% чистоту.

Обработка почвы в опытах – разноглубинная, общепринятая для богарных условий южной степи.

Аналитические определения качества зерна проводили по соответствующим методикам: количество и качество клейковины – путем ручного отмывания в воде – ГОСТ 10846–91; индекс деформации клейковины – на приборе ИДК–ЗМ; содержание белка – методом инфракрасной спектроскопии на приборе Спектран –119 М – ДСТУ 4117:2007 (для калибрования прибора использовано значение общего азота, полученного по методу Кельдаля); число падения – на приборе ПЧП –1 – ГОСТ 27676–88; масса 1000 зерен – ДСТУ 4138–2002; натура зерна – с использованием литровой пурки – ГОСТ 10840–64; влага – термостатновесовым методом – ГОСТ 13586.5–93.

Почва опытного участка – чернозем южный малогумусный тяжелосуглинистый на лессе. Агрохимические показатели слоя почвы 0–20 см в стационарном опыте на момент начала пятой ротации севооборота следующие: содержание гумуса – 3,2%; подвижного фосфора и обменного калия в вытяжке по Чирикову – 15,5 и 20,3 мг/100 г, нитрификационная способность по Кравкову – 1,52 мг N–NO₃ на 100 г почвы; во временном опыте – 2,95; 9,4; 10,2 и 0,85 соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что удобрения, внесенные под основную обработку, повысили урожайность зерна озимой пшеницы на всех предшественниках. В вариантах без удобрений качество предшественника очень сильно влияло на уровень продуктивности культуры: урожайность зерна по сидеральному пару на 13,8%, а по рапсу озимому на 29,8% ниже в сравнении с черным паром. Минеральные удобрения в дозах N_{60–180}P₆₀ в определенной степени нивелировали влияние предшественника, и выход зерна с удобренной единицы площади по предшественникам сидеральный пар и рапс озимый составил 88–99% от черного пара (табл. 1).

Максимальная урожайность зерна получена при внесении повышенных (N_{120,180}) одинарных доз азотных удобрений и совместно с P₆₀ независимо от предшественника. Однако прибавка по черному и сидеральному пару была достоверной только по отношению к контролю. При возделывании озимой пшеницы по озимому рапсу прибавка достоверна по отношению к контролю и N₆₀. Эффективность применения парных комбинаций N_{60–180}P₆₀ была на одном уровне с внесением N_{60–180}, что подтверждается данными математической обработки.

Окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений приростами урожая пшеницы озимой выше по предшественнику рапс озимый (табл. 1). Наиболее эффективна по окупаемости оказалась норма внесения азота 60 кг д.в./га, а наименее эффективна – N₁₈₀P₆₀.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 1
Урожайность пшеницы озимой при основном внесении удобрений на различных предшественниках
 (среднее за 2007–2013 гг.), т/га

Внесено удобрений	Предшественник				Урожай в % к черному пару	Окупаемость 1 кг удобрений прибавками зерна, кг		
	пар		рапс озимый					
	черный	сидеральный	урожай	контролю				
	урожай	контролю	урожай	контролю	урожай	контролю	урожай	
	т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	
Контроль	4,77	—	4,11	—	3,35	—	—	
N₆₀	5,78	1,01	21,2	5,02	0,91	22,1	4,56	
N₁₂₀	5,97	1,20	25,2	5,86	1,75	42,6	5,55	
N₁₈₀	5,83	1,06	22,2	5,79	1,68	40,9	5,66	
N₆₀P₆₀	5,76	0,99	20,8	5,27	1,16	28,2	5,07	
N₁₂₀P₆₀	5,96	1,16	24,9	5,91	1,80	43,8	5,72	
N₁₈₀P₆₀	6,15	1,38	28,9	5,93	1,82	44,3	5,67	
HCP₆₅	0,90			1,11		0,96		

Ливневые дожди и сильные ветры сопровождали период налива зерна и уборки урожая в 2011 и 2013 гг. Так, за июнь 2011 г. всего выпало 163,7 мм осадков, в том числе за два дня в виде ливня – 103,0, при среднемноголетней норме – 53,1; в июне 2013 г. – всего 157 мм, в виде ливня – 84,6, что вызвало полегание посевов на вариантах с высокими дозами азота и, как следствие, ощутимый недобор урожая. По нашим данным, потери на посевах с внесением N_{120} и $N_{120}P_{60}$ колебались от 18,2 до 25,4%, а N_{180} – от 23,6 до 43 % в зависимости от предшественника.

Удобрения создали хорошие условия для формирования зерна высокого качества (табл. 2). Так, в среднем за четыре года по предшественнику рапс озимый при внесении 180 кг д.в./га минерального азота получено зерно, соответствующее параметрам качества первого класса; при $N_{120}P_{60}$ и $N_{180}P_{60}$ – второго, в остальных вариантах, кроме контрольного, – третьего. При выращивании пшеницы озимой по парам черному и сидеральному, даже без внесения удобрений в условиях стационарного опыта, то есть при строгом соблюдении севооборота, получено зерно третьего класса. Черный пар, за исключением вариантов с минимальными дозами азота, обеспечивал зерно первого класса, сидеральный – в основном второго, а в варианте с внесением N_{180} – первого. Следует отметить, что консистенция клейковины зерна, выращенного на делянках по черному пару, была более мягкой: показатель ее упругости (в среднем по всем вариантам) на 7,1–7,3 условных единиц ИДК выше, чем по другим предшественникам.

Масса 1000 зерен в варианте без внесения удобрений по предшественнику рапс озимый на 8,2 % меньше, чем зерна, выращенного по паровым предшественникам, но на удобренных вариантах более крупное зерно получено на худшем предшественнике: 43,61 г против 41,48. Скорее всего, данное явление объясняется тем, что по парам формируется более плотный (на 17,4...24,7%) продуктивный стеблестой, большее (на 3...5%) количество зерен в колосе; продуктивность одного колоса по парам выше (1389...1494 мг против 1349 мг), но зерно – мельче.

Таким образом, внесение азота в дозах 120 и 180 кг/га обеспечивает высокое качество зерна независимо от предшественника и достоверно высокие прибавки урожая пшеницы озимой. Например, на вариантах удобрений $N_{180}...N_{180}P_{60}$ по черному пару прирост урожая составил от 1,06 до 1,38 т/га при $HCP_{05}=0,90$, что на 22,2...28,9% выше контроля; по сидеральному пару – 1,68...1,82 т/га при $HCP_{05}=1,11$ (40,9...44,3%); по рапсу озимому – 2,31...2,37 т/га при $HCP_{05}=0,96$ (69,0...70,8%), но при этом за счет часто возникающего в нашей зоне полегания посевов продуктивность снижена на 20...40%.

Избежать данное явление можно за счет дробного внесения азотных удобрений, то есть проведения подкормок по вегетации культуры. Однако погодные условия, финансово-экономическое состояние сельхозпредприятий и другие причины вносят существенные корректизы в график проведения полевых работ. Представляло интерес выяснить насколько прологированными могут быть сроки проведения подкормок.

В среднем за три года (табл. 3) математически достоверные по отношению к контролю прибавки урожайности зерна на уровне 10,8–14,2% получили при проведении подкормок от январских «окон» до трубкования, но при этом качество

2. Плодородие почв и применение удобрений

зерна, хотя в среднем и соответствовало третьему классу, было подвержено значительным колебаниям (от шестого до третьего класса) в зависимости от погодных условий конкретного года. При проведении подкормок от фазы мас-совое трубкование до колошения качество зерна соответствовало параметрам третьего класса.

В другом краткосрочном опыте (2011–2013 гг.) по предшественнику рапс озимый изучали однократное и двукратное проведение подкормки азотом в норме 30 кг/га на фоне основного внесения полного минерального удобрения. Стабильность в качестве зерна по годам исследований отмечалась при основном внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ и при проведении двух подкормок по N_{30} на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$, одна из которых – в фазу молочной спелости зерна (табл. 4).

Таблица 2
Качество зерна пшеницы озимой при основном внесении удобрений
(среднее за 2007–2013 гг.)

Внесено удобрений	Содержание белка, % на сухое вещество		Содержание сырой клейковины, %		Упругость клейковины, усл. ед. ИДК				
	предшественник								
	пар		рапс ози- мый	пар		рапс ози- мый	пар		рапс ози- мый
	чер- ный	сиде- раль- ный		чер- ный	сиде- раль- ный		чер- ный	сиде- раль- ный	
Контроль	11,33	11,86	9,98	19,3	20,9	15,6	86,2	80,6	85,9
N_{60}	12,59	13,06	11,36	23,3	23,6	20,2	86,9	80,5	80,0
N_{120}	14,55	13,95	12,42	28,8	25,6	22,1	87,4	86,6	86,2
N_{180}	15,35	14,88	14,02	34,3	29,0	28,0	96,5	84,2	86,0
$N_{60}P_{60}$	13,40	13,38	11,22	26,8	25,3	19,1	93,4	83,8	82,5
$N_{120}P_{60}$	14,23	14,02	13,05	28,3	26,3	23,5	90,0	80,0	79,8
$N_{180}P_{60}$	14,71	13,97	12,74	30,7	26,5	23,2	92,7	88,1	81,8
HCP	2,14	1,86	2,54	7,2	4,1	6,0	14,4	12,8	11,0

Таблица 3

Урожайность и качество зерна пшеницы озимой в зависимости от сроков проведения подкормок (средние данные за 2009–2011 гг., предшественник рапс озимый, N₆₀)

Срок внесения	Урожайность, т/га	± к контролю		Белок, %	Клейковина, %	ИДК	Класс качества
		т/га	%				
Контроль	5,83	–	–	10,3	17,7	71,0	6
По всходам	6,30	0,47	8,1	11,1	19,5	68,0	3
Ноябрь	6,15	0,32	5,5	11,0	18,6	71,7	3
Январь	6,46	0,63	10,8	11,2	19,1	71,7	3
Февраль	6,60	0,77	13,2	11,1	19,1	71,3	3
Возобновление вегетации	6,60	0,77	13,2	11,2	19,1	71,3	3
Интенсивное отрастание	6,60	0,77	13,2	11,3	19,5	74,3	3
Начало выхода в трубку	6,66	0,83	14,2	11,6	19,6	72,7	3
Массовое трубкование	6,64	0,81	13,9	12,1	20,6	71,3	3
Появление флагового листа	6,11	0,28	4,8	12,4	22,2	69,7	3
Перед колошением	6,24	0,41	7,0	12,5	21,9	74,0	3
Колошение	5,94	0,11	1,9	12,8	22,8	71,7	3
HCP	0,62			1,46	3,10	33,8	

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 4

**Качество зерна пшеницы озимой при проведении подкормок
на фоне основного внесения удобрений
(2011–2013 гг., предшественник рапс озимый)**

Вариант опыта	Белок, %	Клейковина, %	ИДК	Класс качества (колебания по годам)			
				среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Контроль	10,44	16,7	90,7	6	6	3	6
$N_{60}P_{60}K_{60}$	основное	11,35	18,7	91,7	3	5	3
$N_{30}P_{30}K_{30}$		10,27	16,3	89,9	6	6	3
$N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}$ – ранневесенне		11,85	20,1	93,6	3	3	3
$N_{30}P_{30}K_{30}+N_{30}+N_{30}$ – ранневесенне + молочная спелость		12,48	22,3	91,4	3	3	3
HCP	0,94	2,1	5,4				
Показатели качества, соответствующие требованиям 3 класса (ДСТУ 3768:2010)							
	11,00–12,49	18,0–22,9	20–100				

При возделывании пшеницы озимой по черному пару и гороху существенное по отношению к неудобренному варианту увеличение урожайности получили независимо от дозы и срока внесения азота. Дробное же внесение минерально-го азота в дозе 90 кг д.в./га не имело математически доказуемых преимуществ перед его одноразовым довсходовым внесением. Однако следует отметить, что проведение подкормок посевов пшеницы озимой не дает стабильные результаты по годам исследований (табл. 5). Например, в 2010 г. из 10 вариантов сочетаний сроков проведения подкормок достоверный прирост урожайности по отношению к одноразовому внесению по всходам получили в 4 случаях по черному пару и в 6 – по гороху, а существенное уменьшение – в 2. В среднем при возделывании пшеницы озимой по черному пару проведение двух подкормок от всходов до колошения в суммарной дозе N_{90} (30 + 60) лишь на 25% гарантирует существенную прибавку по отношению к единовременному осеннему внесению, а при увеличении дозы до N_{120} (60 + 60) – 10–12%, по гороху – на 78 и 90% соответственно.

Таблица 5
Влияние сроков проведения подкормок и доз азота на урожайность пшеницы озимой, т/га (2009–2011 гг.)

Доза азота и сроки проведения подкормок	Предшественник					
	чёрный пар			горох		
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
1. Контроль	6,12	6,67	6,31	6,37	—	4,43
2. N ₉₀ – по всходам	6,93	7,81	6,13	6,96	0,59	6,30
3. N ₃₀ +N ₆₀ – всходы + начало выхода в трубку	6,65	7,33**	6,09	6,69	0,32	6,46*
4. N ₃₀ +N ₆₀ – всходы + массовое трубкование	7,33*	7,58	5,91	6,94	0,57	6,33*
5. N ₃₀ +N ₆₀ – всходы + появление флагового листа	7,46*	7,76	5,32**	6,85	0,48	6,32*
6. N ₃₀ +N ₆₀ – всходы + перед колошением	7,27*	7,35**	6,71*	7,11	0,74	5,81**
7. N ₃₀ +N ₆₀ – всходы + колошение	6,38**	7,31**	5,68**	6,46	0,09	5,64**
8. N ₆₀ +N ₆₀ – всходы + начало выхода в трубку	6,73	7,72	5,97	6,81	0,44	6,82*
9. N ₆₀ +N ₆₀ – всходы + массовое трубкование	6,75	7,78	5,57**	6,70	0,33	6,28*
10. N ₆₀ +N ₆₀ – всходы + появление флагового листа	7,34*	7,51**	5,48**	6,78	0,41	6,41*
11. N ₆₀ +N ₆₀ – всходы + перед колошением	6,25**	7,72	5,98	6,65	0,28	6,15
12. N ₆₀ +N ₆₀ – всходы + колошение	6,64	7,63	5,78	6,68	0,31	6,13
HCP _{0,05}	0,34	0,25	0,28	0,69	0,19	0,22
P, %	1,8	1,2	1,6	4,0	1,2	1,3
					1,2	1,2
					4,0	

Примечания: 1. Математически достоверное увеличение по отношению к варианту N₉₀ по входам. 2. Математически достоверное уменьшение по отношению к варианту N₉₀ по всходам.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 6
**Влияние сроков проведения подкормок и доз азота на содержание белка в зерне пшеницы озимой,
% на сухое вещество (2009–2011 гг.)**

Доза азота и сроки проведения подкормок	Предшественник									
	горох	чечевица	ржаной пар	ржаной пар	пшеница	картофель				
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.				
Контроль	10,1	11,4	10,3	10,6	—	7,7	10,6	8,8	9,03	—
N_{90} – по всходам	13,9	12,0	13,2	13,03	2,43	11,3	11,3	10,6	11,07	2,03
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + начало выхода в трубку	13,6	12,5	13,3	13,13	2,53	11,5	11,6	10,6	11,23	2,20
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + массовое трубкование	12,2	12,8	13,3	12,77	2,17	12,0	12,3	11,3	11,87	2,83
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + появление флагового листа	12,4	13,0	12,9	12,77	2,17	12,3	12,8	11,4	12,17	3,13
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + перед колошением	12,6	13,2	12,6	12,80	2,20	12,6	13,0	11,4	12,33*	3,30
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + колошение	12,6	12,9	12,5	12,67	2,07	12,8	13,1	11,9	12,60*	3,57
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + начало выхода в трубку	14,1	13,0	13,7	13,60	3,00	12,9	13,0	12,1	12,67*	3,63
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + массовое трубкование	14,8	13,2	14,2	14,07*	3,47	12,5	12,5	11,8	12,27*	3,23
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + появление флагового листа	12,8	13,1	14,0	13,30	2,70	11,6	12,9	11,8	12,10	3,07
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + перед колошением	12,6	13,5	13,9	13,33	2,73	11,6	12,8	11,6	12,00	2,97
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + колошение	13,2	13,4	13,9	13,50	2,90	11,3	12,8	12,0	12,03	3,00
HCP _{0,05}	0,89	1,28	1,14	1,53	—	1,20	1,10	0,44	1,70	—

Таблица 7

**Комплексный показатель качества зерна пшеницы озимой (класс) по вариантам опыта
(2009–2011 гг.)**

Доза азота и сроки проведения подкормок	Предшественник							
	чёрный пар			горох				
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее	2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее
Контроль	6	3	6	5	6	3	6	6
N_{90} – по всходам	2	3	2	2	3	3	3	3
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + начало выхода в трубку	2	2	2	2	3	3	5	3
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + массовое трубкование	2	2	2	2	3	3	3	3
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + появление флагового листа	3	2	2	2	3	2	3	3
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + перед копошением	3	2	3	2	2	2	3	2
$N_{30} + N_{60}$ – всходы + копошение	2	2	3	2	2	2	3	3
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + начало выхода в трубку	2	2	2	2	2	2	3	2
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + массовое трубкование	2	2	2	2	2	2	3	3
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + появление флагового листа	2	2	2	2	3	2	3	3
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + перед копошением	2	2	2	2	3	2	3	3
$N_{60} + N_{60}$ – всходы + копошение	2	2	2	2	3	2	3	3

2. Плодородие почв и применение удобрений

При анализе качества зерна (табл. 6–7) следует отметить, что увеличенная до 120 кг д.в./га суммарная доза азота при проведение двух подкормок от всходов до колошения, а N_{90} (30 + 60) – всходы + трубкование обеспечили стабильное получение зерна второго класса качества по черному пару (содержание клейковины – не ниже 23%, белка – 12,5%, ИДК – 45…100). По такому предшественнику, как горох, азот в дозе 90 кг/га лучше вносить по всходам + колошение (30 + 60), а 120 кг/га – всходы + трубкование (60 + 60), что в 2 случаях из трех обеспечивает зерно второго класса, в остальных – преимущественно третьего. Но и одноразовое довсходовое внесение минерального азота в дозе 90 кг д.в./га по черному пару два года из трех дает зерно второго класса, а по гороху – стабильно третьего класса.

Классически считается, что дробление суммарной дозы азота на основное внесение (N_{30-60}) и подкормки: ранневесенняя (регенеративная), вторая (продуктивная, фаза начала выхода в трубку) и третья (качественная – от начала колошения до налива зерна) гарантирует высокий урожай и качество зерна. Возможно, в климатических зонах, где выпадающие осадки более-менее равномерно обеспечивают посевы пшеницы озимой влагой в течении всей вегетации, это и так. Однако на юге Украины в Степной зоне рискованного земледелия эффективность подкормок на 80–90% определяется наличием или отсутствием достаточных или хотя бы условно достаточных запасов влаги в почве, то есть наличием продуктивных осадков. Оптимальные же погодные условия для посевов пшеницы озимой бывают у нас не чаще 1–2 лет из десяти. Какой же выход?

Мы считаем, что для Степной зоны юга Украины более эффективно внесение основного азотного удобрения, но если по каким-то причинам азотные удобрения не были внесены под посев, то можно внести их по всходам и от январских «окон» до трубкования (от 30 до 90 кг азота в зависимости от предшественника и состояния посевов). Проведение подкормки в период от фазы трубкование до начала молочной спелости зерна (30–60 кг действующего вещества азота) положительно влияет на качество зерна в двух случаях из трех.

Использование минеральных удобрений в комплексе с химическими средствами защиты – достаточно затратная технология возделывания пшеницы озимой. Например, при ее выращивании по предшественнику рапс озимый при урожайности 5,17 т/га производственные затраты составили в среднем за три года (2009–2011 гг., в ценах 2011 г.) 436,6\$, что почти в два раза выше контроля без применения удобрений, но и продуктивность гектара без применения удобрений была в 1,3 раза ниже (табл. 10).

Альтернативой «химической» могла бы стать биологическая технология возделывания пшеницы озимой. В таблицах 8–9 приведены результаты трех технологий возделывания озимой пшеницы: нулевая (контроль без применения каких-либо удобрений и средств защиты); зональная – фосфорные удобрения в виде суперфосфата (P_{40}) вносили под культивацию, азотные – в виде аммиачной селитры (N_{60}) в фазу кущения, семена протравливали (витавакс 200 ФФ), посевы обрабатывали гербицидом (гранстар) и инсектицидом (Би–58); биологическая – ризоагрин (биологический азот), ФМБ – источник биологического фосфора и планриз – биофунгицид.

Таблица 8

**Урожайность зерна пшеницы озимой в зависимости
от технологии возделывания, т/га**

Технология	Годы исследований			Сред- нее	± к контролю	
	2008 г.	2009 г.	2010 г.		ц/га	%
предшественник – черный пар						
Контроль	6,90	5,76	7,20	6,62	–	–
Биологическая	7,18	6,08	7,70	6,99	0,37	5,6
Зональная	7,06	6,11	7,70	6,96	0,34	5,1
HCP _{0,05}	0,29	0,28	0,20	0,38		
Ошибка опыта, %	1,1	1,2	0,7	1,4		
предшественник – горох						
Контроль	5,72	4,92	4,99	5,21	–	–
Биологическая	6,04	5,47	6,15	5,89	0,68	13,0
Зональная	6,15	5,34	6,28	5,92	0,71	13,6
HCP _{0,05}	0,35	0,30	0,50	0,60		
Ошибка опыта, %	1,5	1,5	2,2	2,4		
предшественник – рапс озимый						
Контроль	5,50	6,62	5,30	5,81	–	–
Биологическая	6,03	7,40	5,80	6,41	0,60	10,3
Зональная	5,78	7,58	6,04	6,47	0,66	11,3
HCP _{0,05}	0,18	0,65	0,34	0,58		
Ошибка опыта, %	0,8	2,3	1,9	2,7		

Обе технологии – и зональная, и биологическая обеспечили по отношению к контролю прибавки урожайности зерна, но между ними нет математически достоверной разницы. Иная картина наблюдается при анализе показателей качества зерна (табл. 9).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 9
Влияние технологий выращивания на качество зерна пшеницы озимой (средние данные за три года)

Показатель	Предшественник					
	чёрный пар		горох		рапс озимый	
	технология					
	контроль	биологическая	зональная	контроль	биологическая	зональная
Белок, %	10,9	11,5	12,7	10,4	10,4	11,2
Клейковина, %	17,9	19,5	23,8	14,5	14,7	20,0
ИДК	81,3	75,0	80,0	93,7	88,0	88,7
Класс	5	3	2	6	6	3
Масса 1000, г	42,74	42,61	43,17	45,23	45,72	45,84
Масса 1 л, г	807,7	808,4	806,9	813,7	819,2	812,7
Стекловидность, %	57,0	51,3	57,0	58,3	60,8	61,1
					41,9	42,8
						44,3

Таблица 10
Экономическая эффективность выращивания зерна пшеницы озимой (2009–2011 гг., в ценах 2011 г.)

Технология	Урожай, т/га	Класс качества	Стоимость валового продукта	Производственные затраты	Чистая прибыль \$/га	Себестоимость, \$/т		Рентабельность
						\$/т	\$/т	
Контроль	3,99	6	633,4	223,7	409,7	56,1	183,1	
Зональная	5,17	3	1001,7	436,6	565,1	84,4	129,4	
Биологическая	4,34	6	691,4	270,6	420,8	62,3	155,5	

По таким показателям, как масса 1000 зерен, натура и стекловидность, изучаемые технологии мало отличались друг от друга, но по содержанию белка и клейковины – в значительной степени. Только по предшественнику черный пар биологическая технология обеспечила зерно третьего класса, по остальным – пятый, шестой класс.

Если рассматривать экономический аспект, то чистая прибыль при зональной технологии превышала контроль на 37,9%, при биологической – на 2,7, но при этом была ниже зональной на 25,5%. Себестоимость зерна при биологической технологии на 26,2% ниже зональной и на 16,2% превышала контрольный вариант.

При анализе результатов сравнения технологий возделывания пшеницы озимой следует учитывать, что элемент биологизации использовался фактически только на этапе подготовки семян к посеву (проводилась их предпосевная инокуляция), по вегетирующему растению не использовались ни биофунгициды, ни биологический азот.

ВЫВОДЫ

1. В условиях южной Степи Украины наиболее эффективно основное внесение минеральных удобрений $N_{60-180}P_{60}$ и N_{60-180} . Так, прирост урожая обеспечивается на уровне 25,2...24,9; 42,6...43,8 и 65,7...70,8% по предшественникам черный пар, сидеральный пар, рапс озимый и вариантам с внесением $N_{120}P_{60}$ соответственно. Качество зерна соответствует преимущественно первому и второму классам при норме внесения азота 120–180 кг/га.

2. Продуктивные весенние подкормки можно проводить от январских «окон» до начала трубкования (N_{60}). Внесение азота (30–60 кг д.в./га) в период от массового трубкования до начала молочной спелости зерна повышает качество зерна.

3. Предпосевная обработка семян пшеницы озимой композицией биологических препаратов ризоагрин, ФМБ и планриз увеличивает урожайность на 5,6 % по черному пару, на 10,3 – по рапсу озимому и на 13,6 – по гороху по сравнению с контрольным вариантом без их применения.

4. При возделывании пшеницы озимой по гороху и рапсу озимому инокуляция семян биологическими препаратами не улучшала качества зерна, по черному пару – показатели качества соответствовали параметрам третьего класса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурикіна, С.І. Погодні умови – адаптаційний елемент системи добрив / С.І. Бурикіна // Агрохімія та ґрунтознавство. – 2007. – Вип. 67. – С. 82–90.
2. Вельвер, М.О. Вплив строків сівби озимої пшениці на продуктивність рослин та якість зерна / М.О. Вельвер // Вісник аграрної науки Південного регіону: міжв. тематичний науковий зб. – 2012. – Вип. 12–13. – С. 62–72.
3. Друзьяк, В.В. Потенциал новых сортов озимой ашеницы и сроки их посева в засушливой степи Причерноморья / В.В. Друзьяк, В.Г. Друзьяк // Наукові основи землеробства в умовах недостатнього зволоження: матеріали наук.-практ. конф., Київ, 21–23 лютого 2000 р. – К.: Аграрна наука, 2001. – С. 190–193.

2. Плодородие почв и применение удобрений

4. Друз'як, В.Г. Строки сівби як елемент адаптивної селекції озимої пшениці / В.Г. Друз'як // Адаптивная селекция растений. Теория и практика: тезисы межд. конф., 11–14 ноября 2002 г. – Харьков: ИР им. В.Я. Юрьева, 2002. – С. 39–40.
5. Друз'як, В.Г. Вплив строків сівби нових сортів озимої м'якої пшениці на урожайність зерна / В.Г. Друз'як // Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наукових праць. Біол. та с.-г. науки. – 2002. – Вип. 18. – С. 123–127.
6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 335 с.
7. Константинов, О. Новый климат Одесской области: пальмы круглый год, шакалы и малярийные комары [Электронный ресурс] / О. Константинов // Сегодня. – Режим доступа: http://www.segodnya.ua/img/article/2706/93_main.jpg./2011-10-12.html.
8. Сметанко, О.В. Позакореневе підживлення азотом – ефективний за-сіб підвищення урожайності і якості зерна озимої пшеници в Південному Степу / О.В. Сметанко, В.Г. Бурячковський // Шляхи підвищення ефективності поза-кореневого живлення с.-г. культур комплексними водорозчинними добривами в Україні: тезисы доп. Міжн. наук.-пр. конф., Луцьк, 2–3 квітня 2008 р. / УААН, Волинський інститут АПВ. – Луцьк, 2008. – С. 57–58.
9. Сметанко, О.В. Система удобрения для інтенсивної технології вирощування озимої пшеници в Південному Степу / О.В. Сметанко // Агрочімія і ґрунтознавство. – 2009. – № 71. – С. 80–84.

YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT IN THE STEPPE ZONE OF UKRAINE

S.I. Burykina, A.V. Smetanko, V.N. Pilipenko

Summary

The research results obtained in the stationary and temporary experiments are presented. It is shown that in conditions of the South Ukraine Steppe most effectively is the main mineral fertilizers, including nitrogen. It promotes the increase of harvest at 23,8, 37 and 60,4% on predecessors black fallow, fallow of green manure, winter rape, respectively. Crop quality corresponds to the first and second classes.

Productive spring top-dressing can be conducted from January Windows before leaf-tube formation (N_{60}), when top-dressing from the mass leaf-tube formation before milk development stage of seeds of grain in norm 30–60 kg of active substance nitrogen can, in two of three cases, a positive impact on the grain quality.

Presowing treatment of winter wheat seeds with composition of biological products risoagrin FMB and planris increases productivity by 5.6% on a black fallow, of 10.3 – winter rape and 13.6 – peas in comparison with the control variant without their use. Seed inoculation with biological agents have not been improved grain quality while growing by such predecessors as peas and winter rape, and on the black fallow – quality parameters match the settings of the third class.

Поступила 08.05.14

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПШЕНИЦЫ СПЕЛЬТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЯ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОПОДЗОЛЕННОМ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОМ

Г.Н. Господаренко, И.Ю. Ткаченко

Уманский национальный университет садоводства, м. Умань, Украина

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях реформирования агропромышленного комплекса с его недостаточным уровнем ресурсного обеспечения и качества зерна озимой пшеницы значительно возрастает роль и значение технологии ее выращивания, которая направлена прежде всего на создание оптимального состояния для роста и развития растений в соответствующих почвенно-климатических условиях. Технология выращивания озимой пшеницы предусматривает определенную последовательность агротехнологических приемов, среди которых существенная роль принадлежит фону питания, срокам сева, сортам [1–3].

Среди зерновых колосовых культур пшеница озимая наиболее требовательна к условиям питания [4]. Это объясняется тем, что ее корневая система характеризуется невысокой способностью усваивать элементы питания из трудно растворимых соединений почвы. В то же время вынос элементов питания урожаем 40 ц/га достаточно высок и составляет 110–130 кг/га азота, 50–70 – P_2O_5 , 70–90 кг/га K_2O [5, 6]. Применение минеральных удобрений – одно из важнейших мероприятий в технологии выращивания озимой пшеницы, что обеспечивает повышение урожайности и качества зерна. Правильное определение доз внесения удобрений, прежде всего азота – главное условие их успешного использования [7, 8]. В системе применения азотных удобрений большое значение имеют не только дозы, но и сроки их внесения [4, 9].

Сейчас в Украине, как и в других странах мира, растет интерес к спельте как к культуре органического земледелия и источнику «органической или здоровой пищи» («organic/health food»). «Спельтовый» хлеб можно встретить в супермаркетах. Все больше вызывает интерес закупка зерна этой культуры для выращивания и потребления. В Украине уже есть компании, занимающиеся реализацией спельты для обеих целей [10].

Спельта не требовательна к условиям выращивания: способна произрастать на почвах, обедненных элементами питания, обладает относительно высокой зимостойкостью, устойчивостью к чрезмерному увлажнению в период кущения, что обусловлено ее экологической приспособленностью к условиям достаточного увлажнения. Также для спельты характерно высокое содержание белка в зерне (в некоторых образцах до 25%) и клейковины – до 50%, но клейковина слабая, поэтому мука обычно используется как дополнительный компонент при выпечке хлеба. Благодаря высокой водоудерживающей способности муки из спельты хлеб, выпеченный из нее, долго не черствеет. Отрицательными

2. Плодородие почв и применение удобрений

свойствами спельты является тяжелый обмолот зерна, ломкость колосового стержня, относительно длинный вегетационный период, слабая засухоустойчивость. Однако тяжесть обмолота можно отнести и к положительным признакам, потому что чешуя обеспечивает защиту зерновок и молодых побегов от вредных факторов окружающей среды [11, 12].

Пшеница спельта – малоисследованный вид. Она является высокобелковой культурой. Спрос на высококачественное зерно пшеницы как на внутреннем, так и на внешнем рынках достаточно большой [13], а выращиваемое в Украине количество пшеницы высокого качества не покрывает потребностей даже внутреннего рынка. Поэтому актуальным является изучение вопроса оптимизации питания и удобрения пшеницы спельты с учетом сортовых особенностей.

Цель исследования – установить оптимальные сроки и дозы внесения азотных удобрений под пшеницу спельту в Правобережной Лесостепи Украины.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проведено на опытном поле Уманского национального университета садоводства на протяжении 2011–2013 гг.

Задачей исследования было установить оптимальные дозы и сроки внесения азотных удобрений на фоне $P_{60}K_{60}$ под пшеницу спельту на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом Правобережной Лесостепи Украины.

Предмет исследования – оптимизация азотного питания пшеницы спельты на черноземе оподзоленном Правобережной Лесостепи Украины применением различных доз, сроков и способов внесения азотных удобрений.

В опыте выращивали сорт пшеницы спельты Зоря Украины. Предшественником был горох. Варианты размещались в опыте последовательно, повторность опыта – трехкратная. Площадь одной делянки – 72 м², учетная – 40 м². Согласно схеме опыта вносили аммиачную селитру (34% N, ГОСТ 2–85), суперфосфат гранулированный (19,5% P₂O₅, ГОСТ 5956–78), калий хлористый (60% K₂O, ГОСТ 4568–95) и карбамид (46% N, ГОСТ 2081–92). Пшеницу высевали после гороха, поэтому обработка почвы заключалась только в двухразовом дисковании и предпосевной культивации. Под дискование вносили фосфорные и калийные удобрения. Учитывая, что почва имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав и миграция соединений фосфора и калия не происходит, определение фосфорного и калийного режима почвы проводили только в слое 0–20 см. Азотные удобрения вносили соответственно схеме опыта: под предпосевную культивацию, в подкормку ранней весной, в фазах кущения, выхода в трубку. Внекорневые подкормки проводили 20% раствором карбамида в фазу молочно-восковой спелости зерна, с целью увеличения содержания в зерне белка и клейковины.

Согласно ДСТУ 4362:2004 Качество почвы. Показатели качества почв, чернозем оподзоленный имел повышенное содержание гумуса, содержание азота легкогидролизуемых соединений – низкое, среднее – подвижных соединений фосфора и калия, реакция почвенного раствора – слабокислая. Погодные условия в годы исследований были различными, что и повлияло на урожайность и качество зерна пшеницы спельты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что эффективность применения азотных удобрений под пшеницу озимую находится в обратной зависимости от запасов минерального азота в корнеобитаемом слое почвы. Проблема оптимизации азотного питания пшеницы включает оптимальное распределение определенной дозы удобрений на несколько сроков внесения и разработку методики установления оптимальных доз азотных удобрений с учетом почвенно-климатических условий, предшественников и сортовых особенностей. Независимо от почвенно-климатических условий средней нормативный запас азота минеральных соединений весной в слое 0–60 см под пшеницей озимой составляет 110–130 кг/га. Увеличение запасов азота минеральных соединений в почве выше указанных значений не способствует повышению урожайности зерна пшеницы, но несколько улучшает его качество. Поэтому дозу азотных удобрений для следующих подкормок можно рассчитать на основе балансовых методов, учитывая общую потребность озимой пшеницы в азоте для получения запланированного урожая, дозу азота, внесенного весной, и запасы азота минеральных соединений почвы [4].

Исследованиями установлено, что внесение азотных удобрений влияло на содержание азота минеральных соединений в слое почвы 0–100 см (табл. 1).

Таблица 1

Динамика содержания азота минеральных соединений ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) в слое почвы 0–100 см под пшеницей спельтой в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений (2011–2013 гг.), кг/га

Вариант опыта	Фаза роста и развития растений				
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
Без удобрений (контроль)	81	76	61	56	54
$P_{60}K_{60}$ – фон	91	77	62	57	55
Фон + N_{60}	79	151	114	80	57
Фон + N_{90}	85	177	129	94	60
Фон + N_{120}	80	216	151	104	61
Фон + $N_{30} + N_{60}$	84	121	165	99	60
Фон + $N_{60} + N_{60}$	77	150	206	118	64
Фон + $N_{60} + N_{30} + N_{30}$	86	154	175	123	67

2. Плодородие почв и применение удобрений

Почва без внесения азотных удобрений имела низкое содержание азота минеральных соединений. В метровом слое почвы запасы минеральных форм азота на неудобренных участках во время вегетации пшеницы спельты в среднем за три года составили от 66 кг/га до 206 кг/га в варианте с внесением высокой дозы азотных удобрений. Больше растения пшеницы спельты использовали азот от фазы кущения до колошения.

В природе почв, богатых фосфором в отличие от азота, практически нет. Основным источником фосфора в процессе почвообразования является материнская порода, однако благодаря растениям большая часть его аккумулируется в верхних горизонтах, корневые системы которых поглощают фосфор из нижних слоев и переносят вверх по профилю. По своим химическим свойствам фосфор имеет сложную природу взаимодействия с различными компонентами почвы, определяющими большое количество различных форм, реакций, соединений и комплексов, посредством которых он может быть в почве. Это в значительной степени затрудняет оценку обеспеченности почв фосфором с точки зрения его доступности для питания растений [14, 15]. Поглощение соединений фосфора определяется не только их доступностью, но и эффективностью функционирования впитывающей системы растений, которые используют фосфор органофосфатов после их ферментативной минерализации [16].

Нашиими исследованиями установлено, что внесение удобрений способствовало повышению содержания подвижных соединений фосфора в почве (табл. 2).

Так, в среднем за три года исследований в период кущения растений в контролльном варианте содержание подвижных соединений фосфора в слое почвы 0–20 см составило 95 мг/кг. Тогда как в вариантах с внесением P_{60} этот показатель был выше в среднем на 10 мг/кг почвы.

В период вегетации пшеница спельта усваивает фосфор из почвы. Следует отметить, что наиболее интенсивно использование растениями подвижных соединений фосфора было в период от фазы кущения до фазы колошения пшеницы спельты. В среднем за три года на удобренных участках уменьшение его содержания составляло 5 мг/кг почвы.

Исследования показали, что содержание подвижных соединений калия также зависит от внесения удобрений (табл. 2). В сравнении с контролем наибольшее уменьшение содержания подвижных соединений проходило в период всходы-кущение. В среднем за 2011–2013 гг. содержание подвижных соединений калия в слое почве 0–20 см составило 116 мг/кг по сравнению с контролем – 101 мг/кг. Несколько меньше его содержание было в период выхода в трубку и колошения растений. Содержание подвижных соединений калия в течение вегетации пшеницы спельты уменьшалось в результате усвоения его растениями и перехода в необменную форму.

Пшеница спельта относится к высокорослым пшеницам. Как видно из рисунка 1, в варианте без удобрений в среднем за три года высота составляла почти 90 см. При однократном внесении ранней весной азотных удобрений в дозе от 30 до 120 кг/га д.в. высота увеличилась до 101–122 см. Максимальные показатели высоты были получены в варианте, где под основную обработку почвы вносили $P_{60}K_{60}$, N_{60} – ранней весной, N_{30} – в фазу кущения и колошения и проводили внекорневую подкормку – 132 см. Это имеет существенное значение для формирования урожая пшеницы спельты и особенно качества зерна.

Накопление большой фитомассы способствует, соответственно, и большему накоплению азота. В конце вегетации пшеницы он способен перемещаться к формирующемуся генеративным органам. Известно, что растения сначала стремятся сформировать определенный уровень урожая, а потом – его качество. Поэтому формирование большей фитомассы пшеницей спельтой – один из факторов, способствующих получению высококачественного зерна.

Таблица 2

**Содержание подвижных соединений фосфора и калия
в слое почвы 0–20 см под пшеницей спельтой
в зависимости от удобрений (2011–2013 гг.), мг/кг**

Вариант опыта	Фаза роста и развития растений				
	всходы	кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
Без удобрений (контроль)	96* 108	95 101	94 94	93 89	94 86
P ₆₀ K ₆₀ – фон	107 119	105 115	101 107	100 103	101 99
Фон + N ₆₀	107 119	103 113	101 104	100 99	100 97
Фон + N ₉₀	106 119	104 114	101 105	105 101	99 96
Фон + N ₁₂₀	108 118	105 112	103 107	101 102	100 98
Фон + N ₃₀ + N ₆₀	101 119	105 113	102 107	100 101	100 97
Фон + N ₆₀ + N ₆₀	106 120	103 114	101 107	100 102	100 98
Фон + N ₆₀ + N ₃₀ + N ₃₀	109 120	105 115	102 105	100 101	100 98
HCP ₀₅	2011 г.	4,6 5,1	4,3 4,5	4,1 4,2	4,0 3,9
	2012 г.	4,1 4,6	3,9 4,4	3,8 4,2	3,7 4,0
	2013 г.	4,4 4,9	4,1 4,5	4,0 4,3	3,9 3,8

Примечание. Над чертой – содержание P₂O₅, под чертой – K₂O.

2. Плодородие почв и применение удобрений

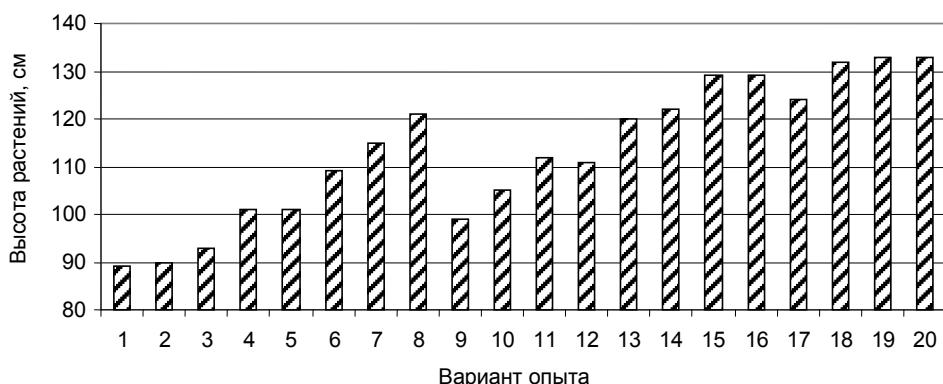


Рис. Высота растений пшеницы спельты в зависимости от особенностей применения азотных удобрений (2011–2013 гг.): 1) без удобрений (контроль); 2) фон ($P_{60}K_{60}$); 3) фон + N_{30} перед посевом; 4) фон + N_{30} ; 5) фон + N_{30} + N_{30} (внекорневая); 6) фон + N_{60} ; 7) фон + N_{90} ; 8) фон + N_{120} ; 9) фон + N_0 + N_{30} ; 10) фон + N_0 + N_{60} ; 11) фон + N_{30} + N_{30} ; 12) фон + N_{30} + N_{30} + N_{30} (внекорневая); 13) фон + N_{60} + N_{30} ; 14) фон + N_{30} + N_{60} ; 15) фон + N_{60} + N_{60} ; 16) фон + N_{60} + N_{60} + N_{30} (внекорневая); 17) фон + N_{30} + N_{30} + N_{30} ; 18) фон + N_{30} + N_{60} + N_{30} ; 19) фон + N_{60} + N_{30} + N_{30} ; 20) фон + N_{60} + N_{30} + N_{30} + N_{30} (внекорневая)

Как видно из данных таблицы 3, наибольший прирост урожайности зерна (12,1 ц/га) в среднем за три года исследований по сравнению с контролем был получен в варианте опыта, где вносили N_{60} весной, N_{30} – в фазу кущения, N_{30} – при появлении верхушечного листа и N_{30} – внекорневым способом в фазу молочно-восковой спелости. Здесь были лучшие условия азотного питания растений пшеницы. На участках без удобрений урожайность пшеницы спельты в среднем за три года составила лишь 19 ц/га и повышалась от внесения фосфорных и калийных удобрений (вар. $P_{60}K_{60}$) на 3,3 ц/га, или на 17%. При однократном внесении азотных удобрений весной лучшим был вариант с дозой 90 кг/га д.в.

Среди вариантов с различными комбинациями двукратной подкормки весной и в фазу кущения лучшим, в среднем за три года проведения исследований, был вариант фон + N_{60} + N_{60} . При этом прирост урожайности к фосфорно-калийному фону составлял 8,0 ц/га, или 34%, а окупаемость 1 кг азота удобрений составила 6,7 кг зерна. Перенесение части доз азотных удобрений (90–150 кг/га д.в.) в третью (при появлении верхушечного листа) и четвертую (в фазу молочно-восковой спелости зерна) подкормки не давало достоверного прироста урожайности пшеницы спельты.

Из данных (табл. 3) видно, что в среднем за годы исследований в варианте без удобрений содержание белка в зерне составляло 14,2%, а клейковины – 27,5%. Высокими эти показатели были получены в варианте, где под основную обработку почвы вносили $P_{60}K_{60}$, N_{60} – ранней весной, N_{30} – в фазу кущения и колошения и проводили внекорневые подкормки – соответственно 23,1% белка и 49,4% клейковины. Высокие показатели также были получены при двукратной подкормке – ранней весной и в фазу кущения дозой N_{60} , что составило 21,2% и 44,2% соответственно.

Таблица 3

Урожай и качество зерна пшеницы спелты в зависимости от особенного удобрения азотом, 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Содержание, %		Стекловидность, %	Натура зерна, г/л	ИДК, ед.
		белок	клейковина			
Без удобрений (контроль)	19,0	14,2	27,5	29,0	750	95,2
P ₆₀ K ₆₀ (фон)	22,3	14,2	27,7	32,1	750	95,6
Фон + N ₆₀	26,9	16,7	35,5	53,1	739	100,7
Фон + N ₉₀	28,5	17,8	37,2	60,9	735	103,3
Фон + N ₁₂₀	29,9	18,9	39,6	67,9	730	105,0
Фон + N ₃₀ + N ₆₀	28,5	19,8	41,0	66,4	734	104,0
Фон + N ₆₀ + N ₆₀	30,2	21,2	44,2	75,9	729	107,0
Фон + N ₆₀ + N ₆₀ + N ₃₀ *	30,7	22,7	47,9	83,9	726	109,5
Фон + N ₆₀ + N ₃₀ + N ₃₀	30,5	21,7	45,9	84,0	727	108,4
Фон + N ₆₀ + N ₃₀ + N ₃₀ + N ₃₀ *	31,1	23,1	49,4	90,6	724	111,3
HCP ₀₅	2011 г.	1,5	0,8	1,8	3,4	37
	2012 г.	1,3	0,7	1,7	2,7	29
	2013 г.	1,4	1,0	2,5	3,1	38

Примечание. N₃₀ вносили внекорневым способом.

Первая подкормка ранней весной способствует быстрому отрастанию пшеницы после перезимовки, повышает кустистость, восстанавливает плотность стеблестоя и в значительной степени определяет величину урожая. Содержание белка при внесении ранней весной N₁₂₀ в среднем за три года повышалось на 4,8%.

Вторая подкормка в фазу кущения улучшала регенерацию растений, что увеличивало количество побегов продуктивного кущения. Прирост белка при однократной подкормке N₆₀ составил 2,8%.

Третья подкормка в фазу выхода в трубку пшеницы спелты способствовала лучшему выживанию продуктивного стеблестоя, заложившихся колосков в колосе, повышению засухоустойчивости.

Внекорневые подкормки карбамидом в дозе 30 кг/га д.в. способствовали повышению содержания белка в среднем на 1,5%, а клейковины – на 2,7%. Внесение

2. Плодородие почв и применение удобрений

азотных удобрений ранней весной в среднем за три года проведенных исследований давало прирост содержания белка 1,3%, а клейковины – 2,6%.

Очень сильную реакцию на азотные удобрения мы можем пояснить высокой пластичностью данного вида пшеницы и сорта в том числе. Как видно из результатов исследований, по сравнению с пшеницей озимой окупаемость единицы азота удобрений урожаем зерна пшеницы спелты значительно ниже, т.е. формируется качество урожая параллельно с его количеством.

При увеличении доз азотных удобрений как при однократном, так и многократном внесении натура зерна пшеницы спелты изменялась от 724 до 750 г/л. Из этого можно сделать вывод, что удобрения на этот показатель большого влияния не имеют.

Исследования показывают, что с увеличением содержания клейковины способность теста удерживать углекислый газ повышается, однако еще больше она зависит от качества клейковины. Прочная клейковина отличается медленными процессами формирования: сразу после отмычки она крошится, а после 20–30 мин приобретает достаточную связность, растяжимость, эластичность и большую упругость. Хорошая клейковина даже непосредственно после замеса образует эластичную упругую массу. Слабая же формируется так же быстро, как и хорошая, но в конце отмывания теряет эластичность и упругость. Качество клейковины было оценено на приборе ИДК-1.

Как видно из данных таблицы 3, с улучшением азотного питания растений клейковина с удовлетворительно слабой переходит в неудовлетворительно слабую.

Повышенная стекловидность зерна является основной предпосылкой производства качественной муки. С этим показателем в значительной степени связаны механические свойства зерна (прочность и твердость). Стекловидное зерно легче вымолячивается, чем мучнистое. Следует заметить, что стекловидность является лишь относительным показателем содержания белка и клейковины. Она значительно снижается при влажной погоде в период созревания, также при перезревании, тогда как содержание белковых соединений может заметно не уменьшаться. Хлебопекарные качества стекловидных пшениц обычно выше мучнистых [17]. Как видно из данных таблицы 3, стекловидность с улучшением азотного питания повышалась с 29,0% до 90,6%. Это свидетельствует о его прямом влиянии на стекловидность пшеницы спелты.

ВЫВОДЫ

Пшеница спелта достаточно хорошо реагирует на внесение удобрений. Прирост урожайности в варианте опыта $P_{60}K_{60} + N_{60} + N_{60}$ по сравнению с контролем (без удобрений) составил 11,2 ц/га, или 59%. При этом наибольший прирост урожая обеспечивает азотный компонент полного минерального удобрения. По результатам трехлетних исследований по влиянию на урожай зерна наиболее эффективной была двукратная подкормка растений ранней весной дозой N_{60} и в фазу кущения также дозой N_{60} .

Пшеница спелта как высокобелковая культура хорошо реагирует на применение азотных удобрений. В зависимости от фазы роста, дозы и сроков внесения азотных удобрений происходит повышение содержания белка

на 2,5–8,9%. Азотный компонент полного удобрения играет основную роль в накоплении белка и клейковины в зерне пшеницы спельты. Натура зерна колеблется в диапазоне 720–750 г/л и мало зависит от удобрения. Стекловидность зерна при высоких дозах азотных удобрений может доходить до 90%. Мука пшеницы спельты имеет неудовлетворительную слабую клейковину, что может затруднять выпечку хлеба. В среднем за три года наиболее высокие показатели качества зерна были получены в варианте, где на фоне $P_{60}K_{60}$ вносили ранней весной N_{60} , в фазах кущения, выхода в трубку – N_{30} и в фазу молочно-восковой спелости проводили внекорневые подкормки карбамидом – 30 кг/га д.в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Непочатов, М.І. Урожайність і якість зерна пшениці озимої на різних агрофонах живлення в залежності від сорту та строків сівби в умовах Північно-східного Лісостепу України / М.І. Непочатов, В.А. Циганенко // Таврійський науковий вісник. – 2006. – № 44. – С. 75–80.
2. Захарова, В.О. Вплив деяких елементів технології вирощування на посівні якості озимої пшениці / В.О. Захарова, Т.В. Герасько, О.А. Іванченко // Вісник Дніпропетровського ДАУ. – 2011. – № 1. – С. 19–22.
3. Городній, М.М. Прогнозування врожаю зерна озимої пшениці за вмістом мінерального азоту в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті північного Лісостепу України / М.М. Городній, М.В. Макаренко // Аграрна наука і освіта. – 2003. – Т. 4, № 3–4. – С. 54–57.
4. Господаренко, Г.М. Розробка та обґрунтування інтегрованої системи удобрення в польовій сівозміні на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ...д-ра. с.-г. наук: 06.01.04 / Г.М. Господаренко. – К., 2007. – 40 с.
5. Марчук, И.У. Весеннее питание озимой пшеницы / И.У. Марчук, В.М. Макаренко, В.Е. Розстальный // Настоящий хозяин. – 2004. – № 2. – С. 19–21.
6. Макаренко, Л.Н. Применение минеральных удобрений под зерновые колосовые культуры в некоторых странах Европы / Л.Н. Макаренко // Агропромышленное производство: опыт, проблемы и тенденции развития земледелие, растениеводство, кормопроизводство, плодово-овощное хозяйство, защита растений. – М., 1992. – № 2. – С. 17–22.
7. Асланов, Г.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы / Г.А. Асланов // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 10. – С. 30–31.
8. Jolans, J.I. Fertilizers in UK farming / J.I. Jolans // University of Reading. Centre for Agricultural Strategy. – 1985. – № 9. – 215 p.
9. Ширинян, М.Х. Сроки внесения азота под озимую пшеницу и почвенная диагностика / М.Х. Ширинян, Л.И. Леплявченко // Тез. докл. Всесоюзного совещания «Проблема азота в интенсивном земледелии». – Новосибирск, 1990. – С. 163.

2. Плодородие почв и применение удобрений

10. Спельта і полба в органічному землеробстві / О.В. Твердохліб [та інш.] // Посібник українського хлібороба. – 2013. – С. 154–155.
11. Горн, Е. Лучше чем пшеница, но ... / Е. Горн // Фермерське господарство. – 2008. – № 4(372). – С. 21–22.
12. Парій, Ф.М. Оцінка господарськи ціних властивостей нового сорту пшениці спельти озимої Зоря України / Ф.М. Парій, О.Г. Сухомуд, В.В. Любич // Насінництво. – 2013. – № 5. – С. 5–6.
13. Бордюжа, Н.П. Вплив норм добрив позакореневого внесення на врожайність та якість зерна пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті / Н.П. Бордюжа // Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених. – Умань, 2008. – С. 102–104.
14. Стахів, М.П. Фізіологічні особливості фосфорного живлення короткостеблових сортів озимої пшениці: автореф. дис. ...канд. с.-г. наук: 03.00.12 / М.П. Стахів. – К., 2008. – 24 с.
15. Носко, Б.С. Фосфатний режим ґрунту і ефективність добрив / Б.С. Носко. – К.: Урожай, 1990. – 244 с.
16. Хіміко-біологічні засоби для підвищення використання рослинами озимої пшениці фосфору з гліцерофосфату кальцію / Д.Є. Давидова [та інш.] // Физиология и биохимия культ. растений. – 2011. – Т. 43, № 1. – С. 47–56.
17. Гасанова, І. Максимум для пшениці / І. Гасанова // Рослинництво. – 2013. – № 5. – С. 46–51.

FORMATION OF SPELLED WHEAT PRODUCTS BY APPLICATION OF FERTILIZERS ON CHERNOZEM

G.N. Gospodarenko, I.Yu. Tkachenko

Summary

The features of nitrogen fertilization spelled wheat on the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine are shown. Different fertilizer doses and the timing of their application have been studied. The impact of nitrogen fertilizers in different terms upon the wheat plants is presented. In the experiment grown wheat variety spelled Dawn Ukraine. The dynamics of mobile phosphorus and potassium in the soil at different fertilization in the layer 0–20 cm and nitrogen reserves of mineral compounds ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) in the soil layer 0–100 cm were determined. Height of spelled wheat plants are given. The grain yield, indicators of wheat spelled quality, including protein, gluten, vitreousness, nature grain, gluten deformation index were established. Collected recommendations on the use of nitrogen fertilizers to improve the quality of spelled wheat grain.

Поступила 06.01.14

ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСТУПЛЕНИЕ ^{137}Cs В ЗЕРНО И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА АНТРОПОГЕННО- ПРЕОБРАЗОВАННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ

Н.Н. Цыбулько¹, А.А. Зайцев², Н.Н. Семененко³

¹Департамент по ликвидации последствий катастрофы
на Чернобыльской АЭС, г. Минск, Беларусь

²Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии», г. Пинск, Беларусь

³Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленными исследованиями установлено, что генетические особенности почв оказывают существенное влияние как на процессы сорбции радионуклидов, так и на интенсивность перехода их в растения. Определение показателей подвижности и биологической доступности ^{137}Cs и ^{90}Sr на разных типах почв показало, что в зависимости от их свойств содержание обменной формы радионуклидов варьирует от 9 до 40% для ^{137}Cs и от 64 до 93% – для ^{90}Sr [1].

На территории радиоактивного загрязнения в составе пахотных земель значительные площади занимают торфяно-болотные почвы, а также антропогенно-преобразованные почвы, образовавшиеся в результате длительного использования и минерализации органического вещества торфяно-болотных почв. Органогенные почвы отличаются от минеральных более высокими параметрами поступления радионуклидов в растения и являются наиболее критичными для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов.

Высокие показатели миграции радионуклидов в растения на этих почвах обусловлены особенностями их морфологического и генетического строения, водно-физическими и агрохимическими свойствами. Из-за повышенной адсорбционной способности органического вещества и емкости катионного обмена, низкого отрицательного поверхностного заряда этих почв значительное количество веществ, в том числе и радионуклидов, удерживается в доступных для растений формах. Ведущим механизмом взаимодействия радионуклидов с почвой является ионный обмен, а основную роль играют фульво- и гуминовые кислоты, находящиеся в почвенном растворе [2–4].

В научно-исследовательской работе и практических рекомендациях для оценки поступления радионуклидов из почвы в растения используют такой показатель, как коэффициент перехода (K_n) – отношение удельной активности радионуклида в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади (Бк/кг: кБк/м²). В международных публикациях используется аналогичный показатель – Aggregated transfer factor (T_{ag}) [5]. Для прогноза загрязнения радионуклидами продукции сельскохозяйственных культур разработаны усредненные K_n по основным типам почв [6]. В то же время для антропогенно-преобразованных торфяных почв

2. Плодородие почв и применение удобрений

эти показатели отсутствуют, что не позволяет прогнозировать накопление радионуклидов в растениеводческой продукции.

Основным агрохимическим приемом, снижающим поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры, является внесение калийных удобрений. На почвах разного генезиса под влиянием калия поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры может уменьшаться от 2 до 20 раз [7–10]. Положительная его роль в снижении поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию возрастает на фоне оптимальных параметров минерального питания растений [11,12].

Снижение перехода радионуклидов в растения при внесении калийных удобрений существенно зависит от исходной обеспеченности почвы подвижным калием [13]. Установлено, что уровень содержания подвижного калия в почве, превышение которого не снижает накопление ^{137}Cs в полевых культурах, составляет 240–260 мг/кг почвы. Внесение высоких доз калийных удобрений (180–240 кг/га) на слабообеспеченных почвах (150 мг/кг почвы) снижает в 1,5–2,7 раза содержание ^{137}Cs . На почвах с повышенным (250 мг/кг почвы) и высоким (350 мг/кг почвы) содержанием подвижного калия внесение повышенных доз калийных удобрений малоэффективно [14].

В отличие от калия, азотные удобрения, особенно в повышенных дозах, увеличивают в 1,5–4,0 раза накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах [12]. Принято считать, что основной причиной высокого перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения при внесении азотных удобрений является возможное подкисление почвенного раствора и в результате этого повышение подвижности в почве элементов питания, в том числе и радионуклидов.

Усиление поглощения ^{137}Cs при внесении азотных удобрений объясняется повышением количества подвижного радионуклида в почве под влиянием гидратированных ионов аммония, имеющих с радиоцезием сходный по величине ионный радиус и способных вытеснить его из мест сорбции в почвенный раствор [11]. Однако внесение нитратной формы азота также усиливает поглощение ^{137}Cs , хотя и в меньшей степени (в среднем в 2 раза), чем азот в аммиачной форме [15]. Предполагается, что повышенное накопление ^{137}Cs в растениях при внесении азота может происходить в результате сдвига в соотношениях элементов в почвенном растворе [16].

Установлено, что азотные удобрения усиливают поступление радионуклидов в растения при внесении их только в повышенных дозах, тогда как оптимальные дозы способствуют получению высокой урожайности культур с минимальным содержанием радионуклидов [17–19].

Действие азотных удобрений на миграцию радионуклидов в системе почва–растение зависит от соотношения азота и калия. Увеличение аккумуляции ^{137}Cs в растениях от азотных удобрений наблюдается при сужении соотношения доступных растениям азота и калия в почве ниже 1:3–1:4. Внесение калийных удобрений в более высоких дозах, чем азотных, способствует снижению загрязнения продукции. При расширении N:K более 1:3–1:4 существенного уменьшения накопления растениями ^{137}Cs не происходило [20].

Цель работы – изучить влияние уровней азотного и калийного питания яровой пшеницы на поступление ^{137}Cs в зерно на антропогенно-преобразованной торфяной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2011–2013 гг. в условиях стационарного полевого опыта на территории землепользования СПК «Новое Полесье» Лунинецкого района Брестской области. Объектом исследования являлась антропогенно-преобразованная торфяная почва, подстилаемая с глубины 40–45 см песком, загрязненная ^{137}Cs с плотностью 144–156 кБк/м² (3,9–4,2 Ки/км²). Агрохимические показатели почвы (Ап): органическое вещество – 60–65%; общий азот – 1,43–1,71%; pH в KCl – 5,4–5,7; подвижные формы (в 0,2 М HCl) P_2O_5 – 582–752 и K_2O – 682–794 мг/кг почвы.

Возделывали яровую пшеницу сорта Ростань. Технология возделывания культуры соответствовала принятому отраслевому регламенту [13].

Схема опыта включала варианты: 1. Без удобрений (контроль); 2. $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$; 3. $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$; 4. $\text{P}_{60}\text{K}_{160}$; 5. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{60}$ (N_{60} – перед посевом + N_{30} – в фазу выхода в трубку растений); 6. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{90}$ (N_{60} – перед посевом + N_{30} – в фазу выхода в трубку растений); 7. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{120}$ (N_{90} – перед посевом + N_{30} – в фазу выхода в трубку растений); 8. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{120} + \text{Cu}_{200} + \text{PP}$ (N_{90} – перед посевом + N_{30} – в фазу выхода в трубку растений + медь в дозе 200 г/га CuSO_4 + регулятор роста Терпал 2 л/га и Экосил 100 мл/га).

Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные (калий хлористый) удобрения вносили перед посевом яровой пшеницы. Азотные удобрения применяли в форме мочевины (карбамида) в основное внесение (N') и в форме смеси растворов карбамида и аммиачной селитры (КАС) – в подкормку в начале фазы выхода в трубку растений (N'').

Размещение делянок в опыте реномизированное. Общая площадь делянки – 29 м², учетная площадь – 24 м². Повторность вариантов в опыте – четырехкратная.

Агрохимические показатели почв определяли по следующим методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [21]; pH_(KCl) – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [22]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [23]; общий азот – по ГОСТ 26107–84 [24].

Отбор проб почвы для определения содержания ^{137}Cs проводили согласно методике [25], подготовку почвенных и растительных проб по методикам [26, 27]. Определение удельной активности ^{137}Cs (Бк/кг) в почвенных пробах выполняли на γ -спектрометре МКС-АТ1315, в растительных образцах – на γ -спектрометрическом комплексе «Canberra-Packard». Основная относительная погрешность измерений при доверительном интервале Р = 95% не превышала 15–30%. Аппаратурная ошибка измерений не превышала 15%. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs рассчитывали согласно методике [28]. Для количественной оценки поступления ^{137}Cs из почвы в растения рассчитывали коэффициент перехода (K_n) – отношение удельной активности радионуклида в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади (Бк/кг:кБк/м²).

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [29] с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0, Statistic 7.0*).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались. По степени увлажнения 2011 г. и 2012 г. характеризовались хорошим увлажнением – ГТК составили 1,1 и 1,5 соответственно, 2013 г. отличался избыточной увлажненностью – ГТК равен 1,7. Удельная активность ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы колебалась по годам в зависимости от гидрометеорологических условий вегетационных периодов.

На рисунке 1 приведены средние по годам данные содержания ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы и диапазон их изменения (минимальные и максимальные значения) по вариантам опыта. В 2011 г. при нормальном увлажнении содержание ^{137}Cs в зерне в варианте без применения удобрений изменилось в пределах 6,7–8,1 Бк/кг (в среднем 7,4 Бк/кг). Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ достоверно снизило накопление ^{137}Cs , которое составило в среднем 5,9 Бк/кг ($\text{HCP}_{05} = 0,58$). Более высокие дозы калия 120 и 160 кг/га действующего вещества не привели к дальнейшему существенному снижению содержания радионуклида в товарной продукции.

В 2012 г., который также характеризовался хорошей увлажненностью, удельная активность ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы колебалась на контролльном варианте в пределах 6,6–8,7 Бк/кг (в среднем 7,5 Бк/кг).

Фосфорные и калийные удобрения в дозах $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ обеспечили снижение накопления радионуклида в продукции, однако оно было несущественным. В то же время достоверное уменьшение содержания ^{137}Cs в зерне как к контролю, так и к варианту с $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ наблюдалось при внесении калийных удобрений в дозе 120 кг/га действующего вещества. Более высокая доза калия (K_{160}) не приводила к дальнейшему существенному снижению активности радиоцезия в зерне.

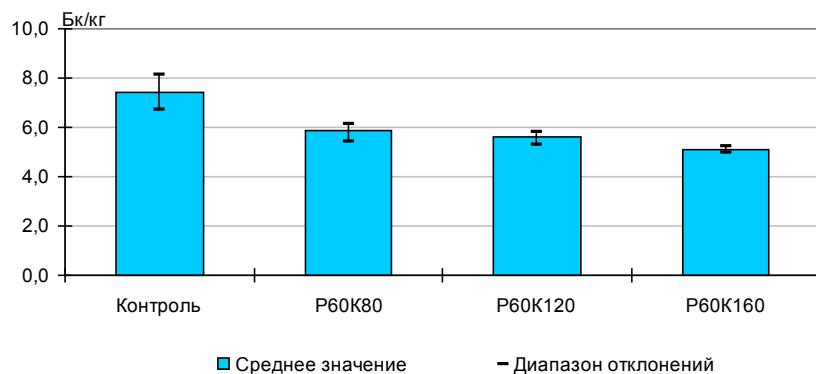
Вегетационный период 2013 г. отличался от 2011 г. и 2012 г. избыточной увлажненностью. Удельная активность ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы в этот год была в среднем в 2,0–2,4 раза выше по сравнению с предыдущими годами. На контролльном варианте содержание его колебалось от 13,9 до 24,9 Бк/кг при среднем значении 18,2 Бк/кг.

На фоне внесения фосфорных и калийных удобрений в дозах соответственно 60 и 80 кг/га наблюдалось достоверное уменьшение накопления ^{137}Cs в зерне. К контролю снижение составило 26%. При более высоких дозах калийных удобрений K_{120} и K_{160} содержание радионуклида в продукции уменьшилось на 35–36% по отношению к контролльному варианту.

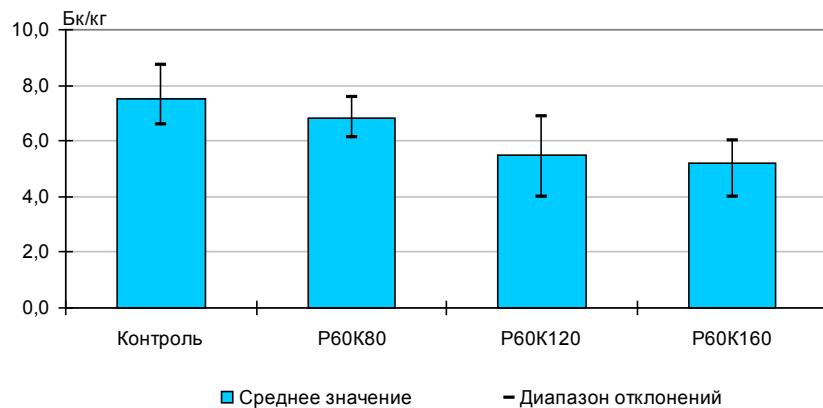
Азотные удобрения применяли под яровую пшеницу дробно перед посевом и в подкормку в фазу выхода в трубку растений в дозах от 60 до 120 кг/га действующего вещества на фоне $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$.

Влияние азотных удобрений на поступление радиоцезия в растения зависело от доз их внесения и метеорологических условий вегетационного периода в годы исследований. На рисунке 2 приведены средние по годам данные содержания ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы и диапазон их изменения (минимальные и максимальные значения) по вариантам с азотными удобрениями.

2011 год



2012 год



2013 год

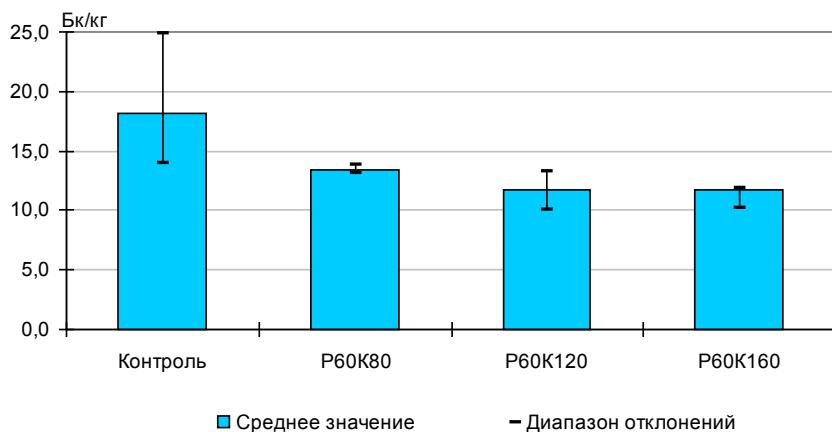


Рис. 1. Влияние доз калийных удобрений на содержание ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы

2. Плодородие почв и применение удобрений

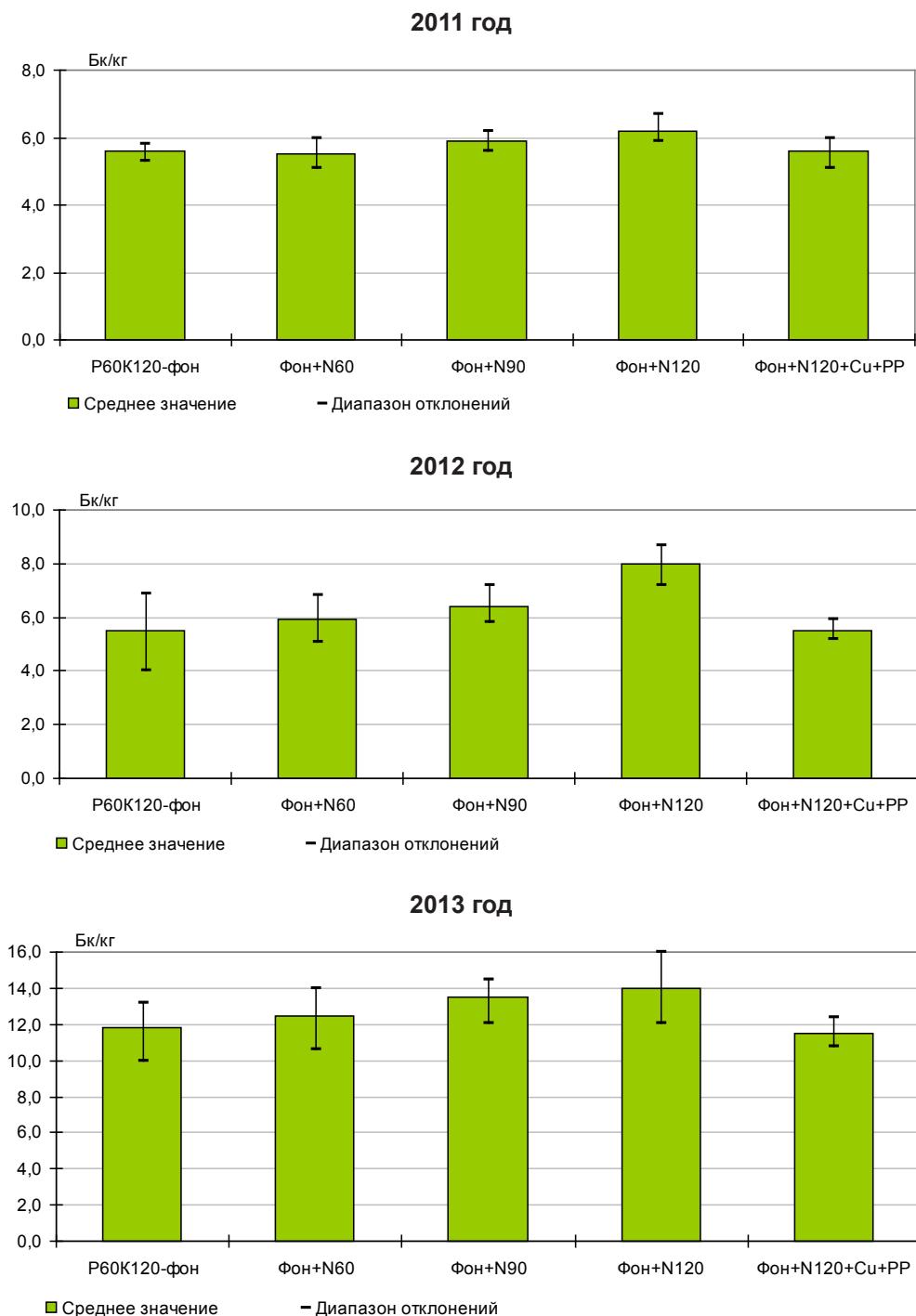


Рис. 2. Влияние доз азотных удобрений на содержание ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы

В условиях 2011 г. при содержании ^{137}Cs в зерне на фосфорно-калийном фоне 5,6 Бк/кг применение азотных удобрений не привело к увеличению его накопления его в продукции. Удельная активность ^{137}Cs в зерне изменилась по вариантам с разными дозами азота в пределах 5,5–6,3 Бк/кг при $\text{HCP}_{05} = 0,6$.

В 2012 г. при внесении N_{60} и N_{90} также не наблюдалось существенного увеличения накопления ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы по отношению к фону $P_{60}\text{K}_{120}$. Достоверное повышение содержания радионуклида в продукции отмечено только при применении 120 кг/га азота удобрений.

В условиях влажного вегетационного периода 2013 г. удельная активность ^{137}Cs в зерне в вариантах с разными дозами азотных удобрений колебалась в пределах 12,5–14,0 Бк/кг при содержании его на фосфорно-калийном фоне 11,8 Бк/кг и HCP_{05} , равным 3,0 Бк/кг, то есть различия между вариантами были несущественными.

В наших исследованиях изучена радиологическая эффективность внекорневой подкормки яровой пшеницы медьюсодержащим удобрением и применения регулятора роста растений на фоне $N_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$. Установлено, что во все годы исследований содержание ^{137}Cs в зерне в этом варианте было ниже по сравнению с вариантом $N_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и находилось на уровне варианта $P_{60}\text{K}_{120}$.

Расчеты коэффициентов перехода радиоцезия из почвы в зерно яровой пшеницы показали следующее. За годы исследований в зависимости от метеорологических условий вегетационных периодов различия в переходе ^{137}Cs в зерно составили 2–2,3 раза. На контрольном варианте коэффициент перехода варьировал по годам от 0,050 до 0,113 Бк/кг:кБк/м², а в среднем составил 0,076 Бк/кг:кБк/м² (табл. 1).

Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах соответственно 60 и 80 кг/га действующего вещества снизило Кп ^{137}Cs в зерне на 20% по отношению к контролю. Величина его изменялась по годам от 0,042 до 0,083 при среднем значении 0,061 Бк/кг:кБк/м². Радиологически эффективным было также внесение дозы калия 120 кг/га. Коэффициент перехода радионуклида уменьшился по отношению к контрольному варианту на 30% и составил в среднем за 3 года исследований 0,053 Бк/кг:кБк/м². Применение K_{160} не привело к заметному уменьшению коэффициента перехода.

Азотные удобрения, вносимые в дозах 60, 90 и 120 кг/га на фоне $P_{60}\text{K}_{120}$, привели к некоторому повышению коэффициентов перехода радиоцезия в зерно яровой пшеницы, однако они были значительно ниже по сравнению с контролем и находились на уровне варианта $P_{60}\text{K}_{80}$. Кроме этого, дополнительная обработка посевов медьюсодержащим удобрением и регуляторами роста растений значительно снижали величину Кп.

Возделывание сельскохозяйственных культур в соответствии с законодательством Республики Беларусь разрешено на землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs до 1480 кБк/м² (до 40 Ки/км²) и ^{90}Sr – до 111 кБк/м² (до 3,0 Ки/км²).

Для оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по полям и рабочим участкам на загрязненных радионуклидами землях проводится оценка их радиологической пригодности на основе определения предельно допустимой плотности загрязнения почвы ^{137}Cs или ^{90}Sr [30].

2. Плодородие почв и применение удобрений

В условиях радиоактивного загрязнения земель наиболее жестко нормируются по содержанию радионуклидов продовольственные сельскохозяйственные культуры: зерновые (оимая рожь, оимая пшеница, ячмень, яровая пшеница, овес), зернобобовые (горох), картофель.

Таблица 1
Коэффициенты перехода ^{137}Cs из почвы в зерно яровой пшеницы

Варианты	Кп, Бк/кг:кБк/м ²			Среднее значение	
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Кп	% к контролю
1. Контроль	0,050	0,064	0,113	0,076	100
2. $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$	0,042	0,058	0,083	0,061	80
3. $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	0,040	0,047	0,073	0,053	70
4. $\text{P}_{60}\text{K}_{160}$	0,036	0,044	0,073	0,051	67
5. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{60}$	0,039	0,050	0,078	0,056	74
6. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{90}$	0,042	0,055	0,084	0,060	79
7. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{120}$	0,044	0,068	0,087	0,066	87
8. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{120} + \text{Cu}_{200} + \text{PP}$	0,040	0,047	0,072	0,053	70
HCP_{05}	0,0040	0,0090	0,0190	0,0106	

В соответствии с Республиканскими допустимыми уровнями (РДУ), содержание ^{137}Cs в зерне на пищевые цели не должно превышать 90 Бк/кг, а в зерне на детское питание – 55 Бк/кг. Согласно Техническому регламенту Таможенного союза (ТР ТС 015/2011) «О безопасности зерна», предельно допустимый уровень ^{137}Cs в зерне, поставляемом на пищевые цели, составляет 60 Бк/кг.

Менее «жесткие» нормативы установлены на содержание ^{137}Cs в зерне на фураж. При получении нормативно чистого цельного молока ($^{137}\text{Cs} < 100$ Бк/л) допустимый уровень радионуклида в зернофураже составляет 150 Бк/кг, при получении нормативно чистого мяса ($^{137}\text{Cs} < 500$ Бк/л) на заключительной стадии откорма – 480 Бк/кг. Техническим регламентом (ТР ТС 021/2011) «О безопасности пищевой продукции» в рамках Таможенного союза установлен более «жесткий» по сравнению с РДУ–99 норматив на содержание радиоцезия в мясе, который составляет 200 Бк/кг.

На основе полученных в опыте значений коэффициентов перехода ^{137}Cs в зерно яровой пшеницы определены предельно допустимые плотности загрязнения почвы данным радионуклидом для получения разных видов конечной продукции (табл. 2).

Таблица 2

**Предельно допустимые плотности загрязнения почвы ^{137}Cs
для получения разных видов конечной продукции**

Варианты	Зерно на пищевые цели			Зернофураж		
	РДУ 90 Бк/кг	РДУ 55 Бк/кг	ТР ТС 60 Бк/кг	РДУ–99 для цельного молока (100 Бк/л)	РДУ–99 для мяса (500 Бк/кг)	ТР ТС (200 Бк/кг) для мяса
Годы с нормальной увлажненностью вегетационного периода ($\Gamma\text{TK} = 1,1\text{--}1,5$)						
1. Контроль	> 40,0	26,1	28,4	> 40,0	> 40,0	> 40,0
2. $P_{60}K_{80}$	> 40,0	29,7	32,4	> 40,0	> 40,0	> 40,0
3. $P_{60}K_{120}$	> 40,0	34,2	37,3	> 40,0	> 40,0	> 40,0
4. $P_{60}K_{160}$	> 40,0	37,2	40,5	> 40,0	> 40,0	> 40,0
5. $P_{60}K_{120} + N_{60}$	> 40,0	33,4	36,4	> 40,0	> 40,0	> 40,0
6. $P_{60}K_{120} + N_{90}$	> 40,0	30,6	33,4	> 40,0	> 40,0	> 40,0
7. $P_{60}K_{120} + N_{120}$	> 40,0	26,5	29,0	> 40,0	> 40,0	> 40,0
8. $P_{60}K_{120} + N_{120} + Cu_{200} + PP$	> 40,0	34,2	37,3	> 40,0	> 40,0	> 40,0
Годы с избыточной увлажненностью вегетационного периода ($\Gamma\text{TK} \geq 1,7$)						
1. Контроль	21,5	13,2	14,4	35,9	> 40,0	> 40,0
2. $P_{60}K_{80}$	29,3	17,9	19,5	> 40,0	> 40,0	> 40,0
3. $P_{60}K_{120}$	33,3	20,4	22,2	> 40,0	> 40,0	> 40,0
4. $P_{60}K_{160}$	33,3	20,4	22,2	> 40,0	> 40,0	> 40,0
5. $P_{60}K_{120} + N_{60}$	31,2	19,1	20,8	> 40,0	> 40,0	> 40,0
6. $P_{60}K_{120} + N_{90}$	29,0	17,7	19,3	> 40,0	> 40,0	> 40,0
7. $P_{60}K_{120} + N_{120}$	28,0	17,1	18,6	> 40,0	> 40,0	> 40,0
8. $P_{60}K_{120} + N_{120} + Cu_{200} + PP$	33,8	20,6	22,5	> 40,0	> 40,0	> 40,0

Установлено, что на антропогенно-преобразованной торфяной почве с содержанием подвижных форм фосфора и калия соответственно 582–752 и 682–794 мг/кг почвы и при применении минеральных удобрений яровую пшеницу можно возделывать без ограничений по плотности загрязнения ^{137}Cs для

2. Плодородие почв и применение удобрений

производства фуражного зерна при использовании его для получения цельного молока и мяса.

В годы с нормальным увлажнением вегетационного периода возможно возделывать культуру без ограничений по радиационному фактору на данных почвах при производстве зерна на пищевые цели с допустимым содержанием ^{137}Cs 90 Бк/кг. При избыточной увлажненности предельная плотность загрязнения почвы для получения продовольственного зерна составляет при внесении фосфорных удобрений в дозе 60 кг/га и калийных удобрений в повышенных дозах ($\text{K}_{120-160}$) – 33 Ки/км², а при применении на фоне $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ азотных удобрений в дозах 60–120 кг/га – 28–31 Ки/км².

Более жесткие ограничения установлены в отношении размещения яровой пшеницы на антропогенно-преобразованных торфяных почвах при возделывании ее для получения зерна на детское питание и зерна на пищевые цели с допустимым содержанием радиоцезия, принятом в Таможенном союзе. В годы с нормальной увлажненностью вегетационного периода получить продовольственное зерно с содержанием ^{137}Cs до 60 Бк/кг возможно на фонах с полным минеральным удобрением – $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ при плотности загрязнения почвы соответственно 36, 33 и 29 Ки/км². В годы с избыточным увлажнением возделывание культуры ограничено плотностями загрязнения почвы соответственно 20, 19 и 18 Ки/км².

Приведенные в таблице 3 данные показывают, что урожайность яровой пшеницы в варианте без удобрений (контроль) изменялась по годам от 20,6 до 32,2 ц/га и в среднем составила 25,2 ц/га.

Таблица 3
Урожайность яровой пшеницы за годы исследований

Варианты	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га	
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	в среднем за 3 года	к контролю	к РК
1. Контроль	32,2	22,8	20,6	25,2	–	–
2. $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$	35,1	26,6	24,4	28,7	3,5	–
3. $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	40,8	30,9	26,6	32,8	7,6	–
4. $\text{P}_{60}\text{K}_{160}$	44,7	32,5	27,4	34,9	9,7	–
5. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{60}$	45,6	40,3	30,3	38,7	13,5	5,9
6. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{90}$	50,1	42,5	32,7	41,8	16,6	9,0
7. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{120}$	46,7	43,3	32,8	40,9	15,7	8,1
8. $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{120} + \text{Cu}_{200} + \text{PP}$	45,4	46,9	36,1	42,8	17,6	10,0
HCP_{05}	2,77	1,87	1,21	1,95	–	–

Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{60}K_{80}$ обеспечило достоверную прибавку зерна, которая составила в среднем 3,5 ц/га с колебаниями по годам от 2,9 до 3,8 ц/га. Дозы калия 120 и 160 кг/га на фоне P_{60} способствовали дальнейшему существенному росту урожайности как по отношению к контролю, так и к варианту $P_{60}K_{80}$. В среднем за 3 года опытов прибавки зерна к контрольному варианту составили при внесении $P_{60}K_{120}$ и $P_{60}K_{160}$ соответственно 7,6 и 9,7 ц/га.

Эффективность азотных удобрений различалась по годам исследований. В 2011 г. применение 60 и 90 кг/га азота на фоне $P_{60}K_{120}$ увеличило урожайность по отношению к фоновому варианту соответственно на 4,8 и 9,3 ц/га. При более высокой дозе азота (N_{120}), а также совместном внесении N_{120} , медьсодержащего удобрения и регуляторов роста растений не наблюдалось дальнейшего повышения продуктивности яровой пшеницы из-за полегания посевов.

В 2012 г. при урожайности яровой пшеницы на фоне $P_{60}K_{120}$ 30,9 ц/га дозы азота 60, 90 и 120 кг/га обеспечили прибавки зерна соответственно 9,4, 11,6 и 12,4 ц/га. Различия между вариантами N_{90} и N_{120} были несущественными. Наиболее высокая продуктивность получена при внесении N_{120} совместно с медьсодержащим удобрением и регуляторами роста растений, составившая 46,9 ц/га.

В 2013 г. эффективность азотных удобрений была ниже по сравнению с 2012 г. В варианте $N_{60}P_{60}K_{120}$ получена урожайность 30,3 ц/га, прибавка к фону $P_{60}K_{120}$ – 3,7 ц/га. При внесении более высоких доз азота достоверный рост урожайности обеспечила только доза N_{90} , а при применении N_{120} прибавка была несущественной. В то же время совместное внесение N_{120} , медьсодержащего удобрения и регуляторов роста растений существенно повысило урожайность, которая была в этом варианте самой высокой – 36,1 ц/га зерна.

Самая высокая продуктивность яровой пшеницы за 3 года исследования сформирована в варианте с применением на фоне $P_{60}K_{120}$ азота в дозе N_{120} совместно с медьсодержащим удобрением (200 г/га) и регуляторами роста растений, которая составила 42,8 ц/га. Получены прибавки зерна к контролю 17,6 ц/га, к фону $P_{60}K_{120}$ – 10,0 ц/га.

ВЫВОДЫ

1. В зависимости от метеорологических условий вегетационного периода различия в параметрах накопления ^{137}Cs в зерне яровой пшеницы могут составлять 2–2,4 раза.

2. На антропогенно-преобразованной торфяной почве с содержанием $P_2\text{O}_5$ 582–752 мг/кг почвы и $K_2\text{O}$ – 682–794 мг/кг почвы внесение фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{60}K_{80–120}$ уменьшает поступление ^{137}Cs в зерно на 20–30%. Применение K_{160} не приводит к дальнейшему существенному снижению перехода радионуклида в продукцию.

3. Азотные удобрения в дозах 60–90 кг/га на фоне $P_{60}K_{120}$ незначительно (на 4–9%) увеличивают поступление ^{137}Cs в зерно по сравнению с фосфорно-калийным фоном, а совместное внесение их с медьсодержащим удобрением и регуляторами роста растений снижают коэффициент перехода радионуклида.

2. Плодородие почв и применение удобрений

4. На антропогенно-преобразованной торфяной почве без ограничений по плотности загрязнения почвы ^{137}Cs можно возделывать яровую пшеницу на фуражные цели. В годы с нормальным увлажнением не ограничено по радиационному фактору возделывание культуры и на пищевые цели с допустимым содержанием ^{137}Cs 90 Бк/кг. При избыточной увлажненности предельная плотность загрязнения почвы для получения продовольственного зерна составляет при внесении $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и азота в дозах 60–120 кг/га – 28–31 Ки/км². Получить продовольственное зерно с содержанием ^{137}Cs до 60 Бк/кг в годы с нормальной увлажненностью возможно при применении $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и плотностях загрязнения почвы соответственно 36, 33 и 29 Ки/км². В годы с избыточным увлажнением возделывание культуры ограничено загрязнением почвы соответственно 20, 19 и 18 Ки/км².

5. Рекомендуется на антропогенно-преобразованных торфяных почвах под яровую пшеницу дробное применение азотных удобрений в дозе 120 кг/га в комплексе с медьюсодержащими удобрениями и регуляторами роста растений, что обеспечивает наиболее высокую урожайность зерна – в среднем 42,8 ц/га. При внесении азота без микроэлемента и регуляторов роста более эффективной является доза 90 кг/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сысоева, А.А. Экспериментальное исследование и моделирование процессов, определяющих подвижность ^{90}Sr и ^{137}Cs в системе почва – растение: автореф. дис. ...канд. биол. наук / А.А. Сысоева. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2004. – 29 с.
2. Агеец, В.Ю. Система радиоэкологических контрмер в агросфере Беларусь / В.Ю. Агеец. – Минск, 2001. – 250 с.
3. Путятин, Ю.В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Ю.В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 268 с.
4. Соколик, Г.А. Действие фульво- и гуминовых кислот на механизмы накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr растительными клетками / Г.А. Соколик // Радиоэкология торфяных почв: материалы Междунар. конф. / Санкт-Петербургский гос. аграр. ун-т. – СПб., 1994. – С. 23–24.
5. Quantities, Units and Terms in Radioecology. International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 65 // J. ICRU. – 2001. – Vol. 1. – № 2. – Р. 2–44.
6. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы. – Минск, 2012. – 121 с.
7. Белоус, Н.М. Эффективность различных факторов по снижению накопления ^{137}Cs в урожае сельскохозяйственных культур / Н.М. Белоус // Новозыбковская гос. с.-х. опыт. станция. – 2002. – Вып. 7. – С. 3–26.
8. Фокин, А.Д. Сельскохозяйственная радиология: учебник для вузов / А.Д. Фокин, А.А. Лурье, С.П. Торшин. – М.: Дорфа, 2005. – 367 с.
9. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад / под ред. В.Е. Шевчука,

В.Л. Гурачевского. – Минск: Комитет по проблемам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь, 2006. – 112 с.

10. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н.Н. Цыбулько [и др.]; под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. – Минск: Ин-т радиологии, 2011. – 438 с.

11. Алексахин, Р.М. Поведение ^{137}Cs в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–138.

12. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н.И. Санжарова [и др.] // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX. – № 3. – С. 26–34.

13. Путятин, Ю.В. Влияние кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы и доз калийных удобрений на переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в яровую пшеницу / Ю.В. Путятин, Т.М. Серая, О.М. Петрикевич // Почвоведение и агрохимия. – 2004. – Вып. 33. – С. 163–169.

14. Богдевич, И.М. Урожай и поступление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственные культуры в зависимости от доз калийных удобрений / И.М. Богдевич // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. тематич. сб. – 2003. – Вып. 27. – С. 158–168.

15. Evans, E.J. Effect of nitrogen on caesium-137 in soils and its uptake by oat plants / E.J. Evans, A.J. Dekker // Canadian Journal of Soil Science. – 1968. – Vol. 49. – Р. 349–355.

16. Моисеев, И.Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность ^{137}Cs из почвы сельскохозяйственным растениям / И.Т. Моисеев, Л.А. Рерих, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С. 89.

17. Тулина, А.С. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений на дерново-подзолистых песчаных почвах, загрязненных ^{137}Cs : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.С. Тулина. – М.: ИФХБПП РАН, 2002. – 24 с.

18. Агеец, В.Ю. Влияние минеральных удобрений и известкования на урожайность зерна ячменя и накопление ^{90}Sr на дерново-подзолистой песчаной почве / В.Ю. Агеец, В.В. Дробышевская // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 2. – С. 27–28.

19. Дробышевская, В.В. Влияние условий питания и сортовых особенностей на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями ячменя: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / В.В. Дробышевская. – Гомель: Ин-т радиологии, 2006. – 21 с.

20. Тулина, А.С. Закономерности поступления ^{137}Cs в растения из дерново-подзолистой песчаной почвы при внесении азотных удобрений / А.С. Тулина, Н.Г. Ставрова, В.М. Семенов // Агрохимия. – 2007. – № 11. – С. 61–70.

21. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212–91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.

22. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. – Введ. 07.01.86. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.

2. Плодородие почв и применение удобрений

23. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207–91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
24. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107–84. – Введ. 07.01.85. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
25. Почвы. Отбор проб: ГОСТ 28168–89. – Введ. 01.04.90. – М.: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1989. – 6 с.
26. СТБ 1056.98. Радиационный контроль. Отбор проб сельхозсырья и коровьих молок. – Введ. 01.07.1998. – Минск: Белстандарт, 1998. – 7 с.
27. СТБ 1059.98. Радиационный контроль. Подготовка проб для определения ^{90}Sr и ^{137}Cs . – Введ. 01.07.1998. – Минск: Белстандарт. – 22 с.
28. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания / под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64 с.
29. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
30. Рекомендации по организации севооборотов на загрязненных радионуклидами землях / Н.Н. Цыбулько [и др.]. – Минск: Ин-т радиологии, 2011. – 84 с.

INFLUENCE OF DOSES OF NITROGEN AND POTASSIUM FERTILIZERS ON ^{137}Cs IN GRAIN AND PRODUCTS SPRING WHEAT IN ANTHROPOGENO-TRANSFORMED PEAT SOIL

N.N. Tsybul'ka, A.A. Zaitsev, N.N. Semenenko

Summary

On anthropogeno-transformed peat soils found that phosphate and potash fertilizers in rates of $\text{P}_{60}\text{K}_{80-120}$ reduce intake of ^{137}Cs in grain by 20–30%. Application of K_{160} does not lead to a further substantial reduction in the transfer of radionuclides in products. Nitrogen fertilizers in rates of 60–90 kg/ha on the background $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ slightly (on 4–9%) increase intake of ^{137}Cs in grain compared with phosphorus-potassium background, and sharing them with the introduction of the copper-containing fertilizer and plant growth regulators reduce radionuclide transfer factors.

Without restrictions on ^{137}Cs soil contamination density can be cultivated spring wheat fodder purposes. In years with normal moisture possible without restrictions to cultivate the culture and food purposes with a valid ^{137}Cs content of 90 Bq/kg. When excessive moisture limiting density of soil contamination for food grains is when making $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ and nitrogen rates of 60–120 kg/ha – 28–31 Ku/km². Get food grains with ^{137}Cs content of up to 60 Bq/kg in years with normal moisture content possible using $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ and $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ densities and soil contamination, respectively 36, 33 and 29 Ku/km². In years with abundant moisture cultivation culture is limited soil contamination, respectively 20, 19 and 18 Ku/km².

Recommended in anthropogeno-transformed peat soils under spring wheat fractional application of nitrogen fertilizer rate of 120 kg/ha in combination with copper-containing fertilizers and plant growth regulators, which provides an average grain yield of 42.8 q/ha.

Поступила 17.04.14

УДК 633.16:631.82:631.445.2

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЯЧМЕНЕМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

А.И. Щетко, А.Р. Рыбак

Гродненский зональный институт растениеводства, г. Щучин, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Ячмень – одна из важнейших продовольственных, кормовых и технических культур. Его зерно используют для приготовления круп, в пивоваренном производстве и как корм для крупного рогатого скота, свиней, птицы. В 2013 г. в Гродненской области ячмень, возделываемый на площади 96,0 тыс. га, обеспечил урожайность 40,1 ц/га.

Получение высоких и устойчивых урожаев ячменя тесно связано с потреблением питательных веществ. Из зерновых культур он наиболее требователен к элементам питания. При этом очень важно, чтобы растения были обеспечены в полной мере доступными элементами с самого начала их развития [1, 2].

Минеральные удобрения имеют решающее значение среди мероприятий, направленных на повышение урожайности. Кроме урожайности, они могут повысить или снизить показатели качества зерна. Сложившаяся экономическая ситуация требует неординарного подхода ко многим современным проблемам агропромышленного комплекса. Возможность увеличения сборов зерна ячменя за счет современных технологий, к числу которых относится и научно обоснованное применение удобрений – задача актуальная и перспективная [3].

Цель исследований – оценка эффективности применения удобрений при возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния различных систем применения удобрений на продуктивность ячменя проводили в длительном стационарном опыте на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства

2. Плодородие почв и применение удобрений

НАН Беларусь» на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: pH_{KCl} 4,98–6,30, содержание гумуса – 0,98–1,99%, P_2O_5 – 156–440, K_2O – 75–289 мг/кг почвы.

Зернотравяно-пропашной севооборот включал два поля со следующим чередованием культур: яровая пшеница – озимая тритикале – картофель – ячмень – клевер луговой. Общая площадь делянки – 75 м², учетная – 50 м², повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Азотные удобрения под ячмень применяли в один прием: N_{80} – под предпосевную культивацию, в два приема: N_{60} – под культивацию, N_{60} – в фазе 2–3 листьев, в три приема: N_{60} – под культивацию, N_{30} – в фазе 2–3 листьев, N_{30} – в фазе флагового листа. В 15 варианте дозу удобрений рассчитывали с учетом содержания доступного азота в почве. Фосфорные и калийные удобрения под ячмень внесены перед посевом в дозе $\text{P}_{30-60}\text{K}_{90-120}$.

Ячмень возделывали по общепринятой для республики технологии [3]. Норма высева семян 4,5 млн/га. В опыте применяли интегрированную систему защиты от сорной растительности и болезней. Сплошную обработку гербицидом гербитокс (1,0 л/га) осуществляли в фазу кущения ячменя (ст. 21–28), фунгицидом титул 390 (0,26 л/га) – в фазу начала выхода в трубку (ст. 31–32). Учет урожая зерна – сплошной поделяночный, комбайном «WINTERSTEIGER».

Анализ растительных образцов выполнен в соответствии с общепринятыми методиками. Азот и фосфор определяли после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пероксида водорода фотоколориметрическим методом, калий – методом пламенной фотометрии.

Объект исследований – среднепоздний сорт ячменя польской селекции Атол. Вегетационный период на 2–4 дня длиннее, чем у стандарта. Устойчивость к полеганию на уровне стандарта, более устойчив к засухе. Масса 1000 семян – 42,7–50,7 г, натура составляет 650–710 г/л. Содержание белка – 10,4–14,9%, крахмала в зерне – 59,2%, экстрактивность – 79,8%, пленчатость – 7,8%.

Из хлебных злаков ячмень наиболее засухоустойчивая культура. Однако из-за слабого развития корневой системы весеннюю засуху он переносит хуже. Появление дружных всходов весной может быть при условии, если высевянные семена впитывают в себя влаги не менее 50% от их веса. Ее недостаток в этот период ведет к запаздыванию всходов и их изреживанию. Много влаги ячмень расходует в фазе кущения и особенно во время выхода в трубку до колошения. Ее недостаток в этот период отрицательно сказывается на развитии растений [4].

Метеорологические условия в годы исследований различались, что сказалось на величине урожая и наступлении фаз развития культуры. В мае 2010 г. температура воздуха была выше средней многолетней на 1,7 °C. Месяц характеризовался неравномерным выпадением осадков. Для июня была характерна температура выше среднемноголетнего значения на 1,3 °C, количество осадков – в пределах нормы. Июль и август отличались повышенными температурами воздуха и избыточным количеством осадков.

Апрель и май 2013 г. были влажными и теплыми. Июнь характеризовался повышенной температурой воздуха (на 3,6 °C выше средней многолетней) и избыточным количеством осадков (на 67,9 мм больше нормы) при неравномерном их выпадении. Недостаточное количество осадков отмечалось в июле месяце (70% от среднемноголетней нормы). Август был сухим и теплым.

Следовательно, можно заключить, что метеорологические условия оказывали определенное влияние на рост и развитие растений культуры, а также на эффективность применяемых удобрений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено влияние применения минеральных удобрений на урожайность ячменя (табл. 1). Продуктивность культуры по вариантам опыта в среднем за два года составила 15,0–43,8 ц/га. В контрольном варианте (без применения удобрений) получено 15,0 ц/га зерна при содержании белка 9,4%. На фоне последействия 75 т/га органических удобрений урожайность ячменя составила 23,1 ц/га (содержание белка 10,2%), что на 8,1 ц/га выше, чем в контроле. Внесение только азотных и калийных удобрений позволило получить 22,1 ц/га зерна, при этом прибавка составила 7,1 ц/га. Использование полного минерального удобрения $N_{80}P_{30}K_{90}$ привело к существенному росту продуктивности ячменя (на 15,5 ц/га) по отношению к варианту, где удобрения не применялись.

В вариантах, где минеральные удобрения $N_{80}P_{30}K_{90}$ вносили на фоне последействия различных доз органических удобрений, получено 35,2–38,6 ц/га зерна. Прибавка урожая за счет последействия 25 т/га соломистого навоза, внесенного под предшествующую культуру (картофель), составила 4,7 ц/га, 50 т/га – 6,9 и 75 т/га – 8,1 ц/га. Увеличение дозы азотных удобрений с N_{80} до N_{120} (удобрения вносили в два и три приема) на фоне $P_{30-60}K_{120}$ и последействия 50 т/га навоза обеспечили урожайность ячменя на уровне 39,2–43,8 ц/га.

Максимальная продуктивность ячменя 43,8 ц/га при содержании белка 12,0% получена в варианте, где на фоне последействия 50 т/га навоза и применения $P_{30}K_{120}$ азотные удобрения вносили в два приема: N_{60} – под культивацию, N_{60} – в фазе 2–3 листьев.

При оценке эффективности применения минеральных удобрений при возделывании ячменя важное значение имеет химический состав основной и побочной продукции, поскольку внесенные удобрения оказывают значительное влияние на поступление элементов минерального питания в растения, чем определяют как уровень урожайности, так и качество получаемой продукции [5].

В среднем за два года исследований, в контрольном варианте без внесения удобрений содержание азота в зерне ячменя составило 1,72%, фосфора – 1,06%, калия – 0,76%, в соломе – 0,78, 0,35 и 1,9% соответственно (табл. 2). При внесении различных доз минеральных удобрений содержание азота в зерне варьировало от 2,02 до 2,31%, в соломе – от 0,66 до 0,98%; фосфора – от 1,01 до 1,07% в зерне и от 0,32 до 0,60% в соломе; калия – от 0,76 до 0,82% и от 2,03 до 4,02% соответственно.

На основании данных по химическому составу основной и побочной продукции ячменя был определен общий вынос элементов минерального питания (табл. 3).

В варианте без удобрений получен наименьший вынос по азоту – 27 кг/га. При внесении азотных удобрений в дозе N_{80} на фоне K_{90} и $P_{30}K_{90}$ вынос азота составил 46–64 кг/га. Применение $N_{80}P_{30}K_{90}$ на фоне последействия различных доз органических удобрений привело к увеличению общего выноса азота до

2. Плодородие почв и применение удобрений

76–80 кг/га. На фоне последействия 75 т/га соломистого навоза КРС этот показатель составил 48 кг/га. Увеличение дозы азота с N_{80} до N_{100} способствовало повышению общего выноса до 82–86 кг/га и с N_{100} до N_{120} – до 85–92 кг/га. Максимальный размер общего выноса азота 93 кг/га получен в варианте, где азотные удобрения применяли в два срока (N_{60} – под культивацию, N_{60} – в фазе 2–3 листьев) на фоне последействия 50 т/га навоза и $P_{60}K_{120}$.

Таблица 1

**Влияние удобрений на урожайность зерна ячменя
на дерново-подзолистой супесчаной почве (2010, 2013 гг.)**

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к контролю, ц/га	Содержание белка, %	Оплата удобрений зерном, кг
	2010 г.	2013 г.	среднее			
Без удобрений	12,9	17,1	15,0	–	9,4	–
$N_{80}K_{90}$	20,9	23,2	22,1	7,1	11,0	4,2
$N_{80}P_{30}K_{90}$	35,9	25,1	30,5	15,5	11,2	7,8
$N_{80}P_{30}K_{90}^*$	37,7	32,7	35,2	20,2	11,3	10,1
$N_{80}P_{30}K_{90}^{**}$	40,1	34,7	37,4	22,4	11,4	11,2
$N_{80}P_{30}K_{90}^{***}$	41,7	35,5	38,6	23,6	11,4	11,8
Последействие 75 т навоза	22,0	24,2	23,1	8,1	10,2	1,4
$N_{80}K_{90}^{**}$	34,1	30,3	32,2	17,2	11,1	10,1
$N_{100}P_{30}K_{90}^{**}$	39,1	36,7	37,9	22,9	11,6	10,4
$N_{100}P_{30}K_{120}^{**}$	40,2	37,2	38,7	23,7	11,5	9,5
$N_{60+60}K_{120}^{**}$	38,2	40,2	39,2	24,2	12,0	10,1
$N_{60+60}P_{30}K_{120}^{**}$	43,1	44,5	43,8	28,8	12,0	10,7
$N_{60+60}P_{60}K_{120}^{**}$	40,5	44,9	42,7	27,7	11,9	9,2
$N_{60+30+30}P_{60}K_{120}^{**}$	41,0	43,6	42,3	27,3	11,9	9,1
$N_{40+30+30}P_{60}K_{120}^{**}$	40,5	43,1	41,8	26,8	11,8	11,2
HCP ₀₅	2,7	2,5	1,8			

Примечания:

1. На фоне последействия 25 т/га навоза.
2. На фоне последействия 50 т/га навоза.
3. На фоне последействия 75 т/га навоза.

Таблица 2

**Влияние удобрений на содержание основных элементов питания
в зерне и соломе ячменя (среднее за 2010, 2013 гг.)**

Вариант	Зерно, % в сухом веществе			Солома, % в сухом веществе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	1,72	1,06	0,76	0,78	0,35	1,90
N ₈₀ K ₉₀	2,23	1,01	0,79	0,75	0,42	2,03
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀	2,26	1,03	0,76	0,87	0,32	2,89
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀ *	2,23	1,03	0,76	0,98	0,48	3,79
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀ **	2,22	1,06	0,76	0,86	0,51	3,44
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀ ***	2,23	1,03	0,79	0,78	0,60	3,35
Последействие 75 т навоза	2,02	1,03	0,82	0,74	0,40	2,98
N ₈₀ K ₉₀ **	2,12	1,02	0,82	0,74	0,46	3,67
N ₁₀₀ P ₃₀ K ₉₀ **	2,31	1,06	0,82	0,74	0,38	3,27
N ₁₀₀ P ₃₀ K ₁₂₀ **	2,31	1,03	0,76	0,91	0,57	4,01
N ₆₀₊₆₀ K ₁₂₀ **	2,26	1,06	0,79	0,73	0,38	3,78
N ₆₀₊₆₀ P ₃₀ K ₁₂₀ **	2,15	1,03	0,76	0,69	0,37	3,90
N ₆₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ **	2,12	1,07	0,77	0,82	0,46	4,02
N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ **	2,27	1,07	0,76	0,69	0,35	3,56
N ₄₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ **	2,26	1,06	0,79	0,66	0,40	3,18
HCP	0,13	0,09	0,06	0,10	0,04	0,45

Примечания:

1. На фоне последействия 25 т/га навоза.
2. На фоне последействия 50 т/га навоза.
3. На фоне последействия 75 т/га навоза.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3

Общий вынос элементов питания ячменем (среднее за 2010, 2013 гг.)

Вариант	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений	27	14	25	18,0	9,4	16,7
N ₈₀ K ₉₀	46	20	42	20,8	9,0	19,0
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀	64	26	62	21,0	8,5	28,0
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀ *	76	34	80	21,6	9,6	22,7
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀ **	79	36	84	21,1	9,6	22,4
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀ ***	80	38	86	20,7	9,8	22,3
Последействие 75 т навоза	48	22	50	20,8	9,5	21,6
N ₈₀ K ₉₀ **	66	31	74	20,5	9,6	23,0
N ₁₀₀ P ₃₀ K ₉₀ **	82	34	82	21,6	9,0	21,6
N ₁₀₀ P ₃₀ K ₁₂₀ **	86	37	95	22,3	9,6	24,5
N ₆₀₊₆₀ K ₁₂₀ **	85	35	93	21,7	8,9	23,7
N ₆₀₊₆₀ P ₃₀ K ₁₂₀ **	90	38	100	20,5	8,7	22,8
N ₆₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ **	93	41	111	21,8	9,6	25,6
N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ **	92	39	101	21,8	9,2	23,9
N ₄₀₊₃₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ **	88	38	88	21,0	9,1	21,0

Примечания:

1. На фоне последействия 25 т/га навоза.
2. На фоне последействия 50 т/га навоза.
3. На фоне последействия 75 т/га навоза.

Самый низкий общий вынос фосфора получен в варианте без применения удобрений, при внесении N₈₀K₉₀ и на фоне последействия 75 т/га органических удобрений – 14–22 кг/га. Выноса фосфора 26–38 кг/га – при внесении N₈₀P₃₀K₉₀ и N₈₀P₃₀K₉₀ на фоне различных доз органических удобрений. В вариантах, где вносили N₈₀K₉₀ и N₆₀₊₆₀K₁₂₀ на фоне 50 т/га навоза, общий вынос фосфора составил 31 и 35 кг/га соответственно. Использование N₆₀₊₆₀P₆₀K₁₅₀

на фоне последействия 50 т/га навоза обеспечило максимальный общий вынос фосфора – 41 кг/га.

Общий вынос калия ячменем в варианте без удобрений составил 25 кг/га. Применение $N_{80}P_{30}K_{90}$ и $N_{80}P_{30}K_{90}$ на фоне последействия различных доз органических удобрений обеспечило общий вынос калия 62–86 кг/га. Дальнейшее увеличение общего выноса до 95–111 кг/га отмечено при внесении калийных удобрений в дозе K_{120} . Максимальный общий вынос калия 111 кг/га получен в варианте N_{60+60} на фоне $P_{60}K_{120}$ и последействия 50 т/га органических удобрений, где применяли азотные удобрения в два срока.

Следует отметить, что общий вынос элементов питания зависит не только от уровня получаемой урожайности, но и от ряда других факторов, которые оказывают влияние на формирование урожайности культуры, таких как погодные условия периода вегетации, дозы применяемых удобрений и др., что ограничивает использование этого показателя в агрохимической практике. В этом отношении более стабильным показателем является удельный вынос элементов питания, определяемый как вынос в расчете на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции. В исследованиях удельный вынос азота изменялся в пределах 18,0–22,3 кг, фосфора – 8,5–9,8 кг, калия – 16,7–28,0 кг с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции.

ВЫВОДЫ

При возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве оптимальной системой удобрения является применение $N_{60+60}P_{30}K_{120}$ (азотные удобрения вносили в два приема: N_{60} – под культивацию, N_{60} – в фазе 2–3 листьев) на фоне последействия 50 т/га органических удобрений. Данная система удобрения обеспечила максимальную в опыте урожайность зерна 43,8 ц/га при содержании белка 12,0%. Удельный вынос основных элементов питания составил: азот – 20,5 кг/т, фосфор – 8,7 кг/т, калий – 22,8 кг/т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков, И.И. Ячмень в интенсивном земледелии / И.И. Беляков. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 176 с.
2. Зерновые культуры / Д. Шпаар [и др.] – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разраб.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2005. – 460 с.
4. Осин, А.Е. Ячмень – высокоурожайная культура / А.Е. Осин. – Минск: Ураджай, 1983. – 79 с.
5. Шпока, Е.И. Влияние комплексного применения макро- и микроудобрений на урожайность и вынос элементов питания ячменем при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / Е.И. Шпока // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 128–134.

INFLUENCE OF FERTILIZER USE ON PRODUCTIVITY AND REMOVAL OF NUTRIENTS BY BARLEY CULTIVATED ON SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL

A.I. Shchetko, A.R. Rybak

Summary

Optimum fertilizer system of barley cultivated on sod-podzolic loamy sand soil is the application of $N_{60+60}P_{30}K_{120}$ (nitrogen fertilizers were applied in two steps: N_{60} – cultivation N_{60} – in the phase of 2–3 leaves) on the background of the aftereffects of 50 t/ha of organic fertilizers. This fertilizer system has provided the maximum grain yield to 43.8 c/ha at the protein content of 12.0%. Specific removal of the main nutrients has formed: nitrogen – 20.5 kg/t, phosphorus – 8.7 kg/t, potassium – 22.8 kg/t.

Поступила 13.02.14

УДК 633.15:631.8:631.445.2

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ ПО СОЛОМЕ ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, Е.Г. Мезенцева, Т.М. Кирдун,
О.М. Бирюкова, Ю.А. Беляевская

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза является культурой разностороннего использования, ее широко возделывают во всех странах для производства кормов и продуктов питания [1–3]. Благодаря высокой урожайности, кормовым достоинствам и технологичности возделывания посевные площади кукурузы в мире за последние полвека возросли в 1,6 раза при увеличении урожайности в 3 раза, валового сбора зерна – в 4,8 раза [4]. В Республике Беларусь посевы кукурузы с 2003 г. увеличились в 2,3 раза, достигнув в 2013 г. более 1,0 млн га, из которых 198,4 тыс. га убрано на зерно, а 846,6 тыс. га – на силос.

Кукуруза весьма требовательна к условиям произрастания, потребляя элементы питания до наступления восковой спелости зерна [5]. Поэтому при складывающихся социально-экономических условиях хозяйствования агропромышленного комплекса республики для реализации высокого потенциала продуктивности кукурузы и эффективной окупаемости вкладываемых в нее средств необходимо дальнейшее усовершенствование системы удобрения этой

культуры, которое будет обеспечивать снижение материально-денежных затрат на единицу площади. При возделывании кукурузы немаловажную роль играют органические удобрения, которые обладают пролонгированным действием, высвобождая элементы питания постепенно на протяжении всего вегетационного периода. Кроме того, применение органических удобрений способствует сохранению почвенного плодородия. При планируемой на 2014 г. структуре посевных площадей для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель Республики Беларусь требуется 59,9 млн т органических удобрений, или 11,5 т/га. С учетом фактического поголовья скота возможный выход органических удобрений составляет 44,8 млн т. Для обеспечения недостающих объемов органических удобрений следует использовать всевозможные источники органического сырья, к числу которых в первую очередь относится солома. Запашка соломы позволяет повторно вовлекать в биологический круговорот биогенные элементы. При этом с учетом высвобождения фосфора и калия из запаханной побочной продукции предшествующей культуры можно значительно снизить дозы фосфорных и калийных удобрений под последующую культуру, что при постоянно возрастающих ценах на минеральные удобрения весьма актуально.

Цель исследований – оценить влияние внесения компенсирующих доз азота при запашке соломы ячменя и возможность снижения доз фосфорных и калийных удобрений под кукурузу, возделываемую на дерново-подзолистой супесчаной почве по запаханной соломе предшественника с учетом фосфора и калия, высвобождающихся в первый год из побочной продукции.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению агроэкономической эффективности возделывания кукурузы на зерно по запаханной соломе ячменя проводили в стационарном технологическом опыте в 2011–2012 гг. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве. Перед закладкой полевого опыта почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} 5,7–6,0, содержание гумуса – 2,15–2,64%, подвижных форм P_2O_5 – 120–160 мг/кг почвы, K_2O – 135–172 мг/кг, обменных форм CaO – 885–1031 мг/кг, MgO – 172–218 мг/кг почвы.

Опыт заложен в двух последовательно открывающихся полях. Повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Общая площадь делянки – 62,4 м² (5,2 × 12), учетная – 40 м² (4 × 10). Всего в опыте 19 вариантов в двух полях (152 опытные делянки). В опыте предусмотрено следующее чередование культур: кукуруза – подсолнечник – ячмень + сидеральный люпин – гречиха + озимая рожь на сидерацию – овес голозерный.

Минеральные и органические удобрения под кукурузу внесены согласно схеме опыта, представленной в таблице 1. Предшественник кукурузы – ячмень Батька, после уборки которого в вариантах 7–19 была задискована солома (3,1 т/га). Компенсирующая доза азота перед заделкой соломы в вариантах 14–16 внесена в виде карбамида (N_{30}), в вариантах 10–12 – в составе жидкого навоза КРС (30 т/га), в вариантах 7–9 – в составе сидеральной массы люпина, высеванного после

2. Плодородие почв и применение удобрений

заделки соломы. В варианте 13 компенсирующую дозу азота в виде карбамида (N_{30}) внесли весной под предпосевную культивацию. В вариантах 17–19 солома внесена без компенсирующей дозы азота. Согласно схеме опыта под вспашку внесли подстилочный навоз КРС в дозе 60 т/га. Применяемые органические удобрения имели следующие показатели в расчете на сухое вещество:

– подстилочный навоз КРС: N – 0,48%, P_2O_5 – 0,25%, K_2O – 0,61%, органическое вещество в пересчете на углерод – 9,5%, влажность – 78%; отношение C/N – 20;

– жидкий навоз КРС: N – 0,12%, P_2O_5 – 0,10%, K_2O – 0,21%, органическое вещество в пересчете на углерод – 1,2%, влажность – 97%; отношение C/N – 10.

– солома ячменя: N – 0,57%, P_2O_5 – 0,39%, K_2O – 1,50%, органическое вещество в пересчете на углерод – 47,1%, влажность – 16%; отношение C/N – 83.

Минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия внесены весной под предпосевную культивацию. Полная доза минеральных удобрений в основное внесение составила $N_{90}P_{60}K_{140}$. В вариантах 9, 12, 16 и 19 дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в соломе ячменя, в результате в вышенназванных вариантах под кукурузу внесли $N_{90}P_{50}K_{100}$. В фазу 6–8 листьев кукурузу подкормили азотными удобрениями в дозе 30 кг д.в./га.

В опыте возделывали кукурузу гибрид Дельфин. Посев кукурузы проводили 8-рядной сеялкой «Ciasparoo». Способ сева – пунктирный с шириной междуурядий 70 см. Норма высева кукурузы – 1 п.ед. (25 кг/га). После посева кукурузы провели довсходовую обработку почвенным гербицидом Примэкстра Голд, СК (3,5 л/га) против однолетних двудольных и злаковых сорняков. Уборку кукурузы проводили в фазу восковой спелости зерна сплошным методом поделяночно. Урожайность зерна кукурузы по всем вариантам приведена к стандартной влажности – 14%.

В почвенных образцах агрохимические показатели определяли по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91); обменные кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре AAS–30 ГОСТ 26487–85).

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение pH_{KCl} – по ГОСТ 27979–88; влаги и сухого остатка – по ГОСТ 26713–85; органического вещества – по ГОСТ 27980–88; общего азота – по ГОСТ 26715–85; общего фосфора – по ГОСТ 26717–85; общего калия – по ГОСТ 26718–85.

В растительных образцах общий азот, фосфор и калий определяли из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот – методом Къель-даля (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – на спектрофотометре (ГОСТ 28901–91 (ИСО 6490/2–83)), калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97). Содержание крахмала, сырого белка и жира в зерне кукурузы определяли на инфракрасном спектрометре «Infraneo».

Экономическая эффективность рассчитана согласно [6] по уровню цен на 2013 г.: стоимость 1 т зерна кукурузы – 247,1 USD; затраты на уборку и доработку прибавки урожая зерна кукурузы – 62,0 USD/т; стоимость минеральных удобрений: 1 т д.в. азота – 853 USD, фосфора – 1283, калия – 277 USD; затраты на

внесение 1 т д.в. минеральных удобрений на расстояние 5 км от склада: азота – 65,8 USD, фосфора – 46,0 USD, калия – 31,5 USD; затраты на приготовление и внесение на расстояние 5 км 1 т органических удобрений: подстилочный навоз КРС – 5,0 USD, жидкий навоз – 3,4 USD.

Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метеорологические условия периодов вегетации кукурузы в 2011 и 2012 гг. различались между собой, что сказалось на влиянии изучаемых факторов на урожайность зерна.

Сложившиеся в 2011 г. погодные условия были более благоприятными для возделывания кукурузы: весь период роста и развития растений характеризовался повышенными температурами с обильными осадками в середине вегетации, что способствовало формированию более высокой урожайности зерна кукурузы. ГТК за вегетационный период 2011 г. составил 1,4 при среднемноголетнем 1,7. В результате в 2011 г. при соблюдении элементов технологии возделывания культуры получен 69 ц/га зерна только за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1). Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{90+30}P_{60}K_{140}$ способствовало дополнительному формированию 29 ц/га зерна. Подстилочный навоз, внесенный под кукурузу в дозе 60 т/га, обеспечил увеличение урожайности зерна на 26 ц/га, или 38% к контролю. Самая высокая в опыте урожайность зерна в этот год (116 ц/га) сформирована в варианте с внесением $N_{90+30}P_{60}K_{140}$ на фоне подстилочного навоза КРС, при этом прибавка урожайности к контролю составила 47 ц/га, или 68%.

Низкие температуры в осенний период 2010 г. тормозили рост и развитие люпина сидерального, в результате чего к наступлению заморозков растения находились только в фазе 4–5 настоящих листьев и, соответственно, запашка сидерата не оказала достоверного влияния на урожайность зерна кукурузы.

Для вегетационного периода 2012 г. были характерны значительные колебания гидротермического режима по месяцам: в мае ГТК составил 1,2 при высоких суточных температурах и нормальном выпадении осадков; в июне отмечалось переувлажнение почвы (ГТК 3,3), июль был сухим (ГТК 0,5), август характеризовался нормальным увлажнением (ГТК 1,4), первые две декады сентября были сухими (ГТК 0,6). Все это оказалось неоднозначное влияние на рост и развитие растений кукурузы и эффективность применяемых удобрений. В среднем по опыту урожайность зерна кукурузы в 2012 г. составила 89 ц/га, что было на 6 ц/га ниже, чем в 2011 г.

В 2012 г. отмечена более низкая эффективность минеральных удобрений. Если в 2011 г. 1 кг NPK в среднем по опыту обеспечил 8,5 кг зерна, то в 2012 г. – всего 5,1 кг, т.е. в 1,7 раза меньше.

Благоприятные погодные условия в осенний период 2011 г. способствовали активному росту и развитию люпина сидерального, что обеспечило к наступлению заморозков формирование урожайности зеленой массы на уровне 205 ц/га на фоне без соломы и 271 ц/га на фоне заделки соломы. В результате запашки

2. Плодородие почв и применение удобрений

сидерата прибавка зерна кукурузы от данного приема в 2012 г. была достоверной и составила 10 ц/га. Более высокие показатели агрономической эффективности получены при совместном действии сидерата с соломой: дополнительный сбор зерна составил 16 ц/га, что было на уровне прибавки от подстилочного навоза при гораздо меньших затратах (124 USD/га против 399 USD/га в варианте с внесением подстилочного навоза) и более высокой прибыли с гектарной площади.

В среднем за два года за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы получено зерна кукурузы 70 ц/га (табл. 1). В варианте с минеральной системой удобрения на 1 кг NPK дополнительно сформировано 8 кг зерна кукурузы. Чистый доход от внесения минеральных удобрений составил 243 USD/га с рентабельностью 62% (табл. 2).

Таблица 1
**Влияние удобрений и сроков дополнительного внесения азота
при запашке соломы ячменя на урожайность зерна кукурузы
(влажность 14%)**

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			Сбор к.ед., ц/га	
		2011 г.	2012 г.	Q	к контролю	от NPK	от соломы с доп. N		
1	Без удобрений (контроль)	69	71	70	—	—	—	—	92
2	$N_{90+30}P_{60}K_{140}$	98	94	96	26	26	—	—	126
3	Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	95	87	91	21	—	—	—	119
4	Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + $N_{90+30}P_{60}K_{140}$	116	100	108	38	17	—	—	142
5	Сидераты	73	81	77	7	—	—	—	101
6	Сидераты + $N_{90+30}P_{60}K_{140}$	103	92	98	27	21	—	—	128
7	Солома + сидераты	76	87	81	11	—	11	8	107
8	Солома + сидераты + $N_{90+30}P_{60}K_{140}$	105	97	101	31	20	5	3	132
9	Солома + сидераты + $N_{90+30}P_{50}K_{100}$	103	97	100	30	19	4	1	131
10	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	93	79	86	16	—	16	13	113

Окончание табл. 1

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			Сбор к.ед., ц/га	
		2011 г.	2012 г.	Ø	к контролю	от НРК	от соломы с доп. N		
11	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	118	98	108	38	22	12	10	142
12	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	121	97	109	39	23	13	10	143
13	Солома + N _{30весной}	81	85	83	13		13	10	109
14	Солома + N _{30осенью}	76	77	76	6		6	3	100
15	Солома + N _{30осенью} + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	102	93	98	28	22	2	–	128
16	Солома + N _{30осенью} + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	100	92	96	26	20	0	–3	126
17	Солома	71	74	73	3		3	–	95
18	Солома + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	101	96	98	28	25	2	–	129
19	Солома + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	100	97	99	29	26	3	–	129
	HCP ₀₅	7	6	5			5		7

Таблица 2
Экономическая эффективность применяемых удобрений
при возделывании кукурузы на зерно (среднее за 2011–2012 гг.)

№ п/п	Вариант	Общие затраты, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рента- бель- ность, %
1	Без удобрений	–	–	–
2	N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	393	243	62
3	Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	431	90	21
4	Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	768	168	22

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 2

№ п/п	Вариант	Общие затраты, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
5	Сидераты	124	45	36
6	Сидераты + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	485	193	40
7	Солома + сидераты	151	125	83
8	Солома + сидераты + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	506	254	50
9	Солома + сидераты + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	476	266	56
10	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	200	192	96
11	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	571	370	65
12	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	550	409	74
13	Солома + N ₃₀ весной	109	215	197
14	Солома + N ₃₀ осенью	67	90	135
15	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	432	250	58
16	Солома + N ₃₀ осенью + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	395	242	61
17	Солома	16	48	299
18	Солома + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	409	291	71
19	Солома + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	384	320	83

За счет внесения подстилочного навоза КРС прибавка зерна составила 21 ц/га при окупаемости 1 т навозы 35 кг зерна. Максимальная урожайность зерна сформирована в варианте с совместным применением подстилочного навоза КРС и минеральных удобрений – 108 ц/га. Следует отметить, что в среднем за два года запашка соломы ячменя с жидким навозом КРС по влиянию на урожайность была аналогичной внесению подстилочного навоза, однако чистый доход и рентабельность запашки соломы с внесением жидкого навоза были гораздо выше как на фоне минеральных удобрений, так и без них.

Установлено, что запашка соломы без компенсирующей дозы азота не обеспечила достоверный прирост урожайности зерна кукурузы относительно варианта без удобрений, отмечена только тенденция к увеличению. В варианте с осенним внесением дополнительного азота по соломе прибавка зерна

составила 6 ц/га. При внесении компенсирующей дозы азота весной получена прибавка зерна кукурузы 13 ц/га. В варианте, где дополнительный азот вносили весной, чистый доход был на 125 USD/га выше, чем при осеннем его внесении (табл. 2). Максимальная прибавка урожая 16 ц/га получена при запашке соломы с жидким навозом КРС.

В вариантах с применением минеральных удобрений на фоне запашки соломы прибавка зерна от компенсирующей дозы азота по соломе была получена только при ее внесении в составе жидкого навоза КРС (вар. 11–12) и составила 10 ц/га, дополнительное осенне внесение азота по соломе в виде карбамида было неэффективным (табл. 1). Отказ от внесения дополнительного азота по соломе ячменя при условии, что последующая культура будет яровой с обязательным внесением минеральных удобрений, обеспечит снижение затрат на 11–23 USD/га в зависимости от опытных вариантов без снижения урожайности. Однако прежде чем рекомендовать данный агроприем производству, необходимо изучить, как запашка соломы без азота скажется на содержании гумуса в почве.

Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом количества данных элементов, высвободившихся из запаханной под кукурузу соломы ячменя, обеспечило получение равновеликой урожайности, как и при полных дозах минеральных удобрений ($N_{90+30}P_{60}K_{140}$), при снижении затрат на удобрения на 26 USD/га и увеличении рентабельности на 3–12%.

Содержание основных элементов питания в сельскохозяйственных культурах в зависимости от совокупности факторов (погодных условий, доз органических и минеральных удобрений, обеспеченности почвы элементами питания и т.п.) может существенно изменяться. Химический анализ зерна кукурузы, возделываемой на дерново-подзолистой супесчаной почве, показал, что значимых изменений в содержании фосфора и калия под влиянием применяемых агроприемов не установлено, наблюдаемые различия находились в пределах ошибки опыта (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние удобрений и сроков дополнительного внесения азота
при запашке соломы ячменя на химический состав и
показатели качества зерна кукурузы**

№ п/п	Вариант	N	P_2O_5	K_2O	Сы- рой белок	Сбор сы- рого белка, кг/га	Kрах- мал	Жир	Сбор крах- мала, ц/га
		% в сухом веществе					% в сухом веществе		
1	Без удобрений	1,19	0,57	0,94	10,6	603	70,7	5,60	43
2	$N_{90+30}P_{60}K_{140}$	1,30	0,59	0,97	8,1	668	73,9	6,01	61
3	Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	1,30	0,57	1,02	10,2	800	71,5	5,68	56

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 3

№ п/п	Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сы- рой белок	Сбор сы- рого белка, кг/га	Kрах- мал	Жир	Сбор крах- мала, ц/га
		% в сухом веществе					% в сухом веществе		
4	Подстилочный навоз КРС, 60 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	1,44	0,59	1,03	10,4	966	70,8	5,48	66
5	Сидераты	1,40	0,60	0,97	10,3	682	71,9	5,88	48
6	Сидераты + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄	1,44	0,57	0,95	10,6	887	70,7	5,63	59
7	Сидераты + солома	1,40	0,55	0,91	10,3	717	71,0	5,56	50
8	Сидераты + солома + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	1,54	0,61	1,01	10,3	896	70,0	5,64	61
9	Сидераты + солома + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	1,54	0,61	1,00	10,7	919	70,5	5,29	61
10	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	1,44	0,58	0,96	9,8	728	71,7	5,63	53
11	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	1,47	0,60	0,92	10,5	978	70,8	5,55	66
12	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	1,47	0,56	0,94	10,4	972	70,7	5,39	66
13	Солома + N весной	1,47	0,61	0,96	9,8	703	72,0	5,69	51
14	Солома + N осенью	1,26	0,60	0,94	9,9	649	72,8	5,89	48
15	Солома + N осенью + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	1,44	0,58	0,95	10,2	854	71,2	5,67	60
16	Солома + N осенью + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	1,44	0,59	0,97	10,6	872	70,6	5,38	58
17	Солома	1,26	0,58	0,95	9,8	612	72,1	5,81	45
18	Солома + N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₄₀	1,51	0,56	0,97	10,4	881	71,0	5,59	60
19	Солома + N ₉₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	1,44	0,61	0,93	10,2	867	70,8	5,66	60
	HCP ₀₅	0,14	0,06	0,12	0,93		5,3	0,61	

Содержание азота в зерне кукурузы в отличие от зольных элементов в большей степени зависело от систем удобрения. Минимальным содержанием этого элемента характеризовался вариант без внесения удобрений. На фоне минеральных удобрений, подстилочного навоза, а также запашки соломы без компенсирующего азота и при его осеннем внесении содержание азота в зерне составило 1,26–1,30%, что не превышало наименьшей существенной разницы. Во всех остальных вариантах установлено достоверное увеличение данного элемента до 1,40–1,54% относительно варианта без удобрений.

При возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве не выявлено значимых изменений в содержании крахмала и жира под влиянием используемых агроприемов. По опытным вариантам содержание крахмала в зерне варьировало в пределах 70,0–73,9%, жира – 5,29–6,01%, что соответствовало хозяйствственно-биологической характеристике этого гибрида [7]. При этом максимальными величинами по содержанию крахмала и жира характеризовался вариант с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{90+30}P_{60}K_{140}$. Содержание сырого белка в этом варианте находилось на уровне 8,1%, что было существенно ниже относительно варианта без удобрений. В остальных опытных вариантах данный показатель в зерне кукурузы варьировал в довольно узких пределах (9,8–10,7%).

Расчет кормовой продуктивности показал, что при уборке кукурузы назерно за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы сбор кормовых единиц составил 91,8 ц/га при минимальном выходе сырого белка (603 кг/га) и крахмала (43 ц/га) (табл. 1 и 3).

Запашка чистой соломы не оказала достоверного влияния на показатели качества зерна кукурузы по сравнению с вариантом без удобрений. Внесение компенсирующей дозы азота по запаханной соломе увеличило сбор кормовых единиц на 5,0–13,8 ц/га, сырого белка – на 37–91 кг/га, крахмала – на 3–6 ц/га при большей эффективности дополнительного азота, внесенного весной.

Зерно с наиболее высоким выходом кормовых единиц и лучшими показателями качества получено в вариантах с наиболее высокой урожайностью. Применение минеральных удобрений на фоне подстилочного навоза КРС и при запашке соломы с жидким навозом КРС обеспечило сбор кормовых единиц на уровне 142 ц/га при выходе сырого белка 966–978 кг/га, крахмала – 66 ц/га.

Установлено, что выход кормовых единиц, сырого белка и крахмала при снижении доз фосфорных и калийных удобрений с учетом количества данных элементов, высвободившихся из запаханной под кукурузу соломы ячменя, находился на уровне аналогичных показателей, полученных при внесении полных доз минеральных удобрений ($N_{90+30}P_{60}K_{140}$).

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве наиболее высокую урожайность зерна кукурузы 108 ц/га обеспечило внесение $N_{90+30}P_{60}K_{140}$ на фоне подстилочного навоза КРС в дозе 60 т/га и на фоне запашки соломы с жидким навозом КРС в дозе 30 т/га, при этом рентабельность запашки соломы с внесением жидкого навоза была на 43% выше. Выход сырого белка составил 966–978 кг/га, крахмала – 66 ц/га, кормовых единиц – 142 ц/га.

2. Плодородие почв и применение удобрений

2. Прибавка урожайности зерна кукурузы от внесения по соломекомпенсирующей дозы азота в виде карбамида в вариантах с NPK была недостоверной. В вариантах, где солома заделана без внесения дополнительного азота, прибыль в среднем была на 59 USD/га выше по сравнению с вариантом, где предусмотрено осенне его внесение, без снижения урожайности зерна.

3. Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом количества данных элементов, высвободившихся из запаханной под кукурузу соломы ячменя, обеспечило получение равновеликой урожайности, как и при полных дозах NPK, при снижении затрат на удобрения на 26USD/га и увеличении рентабельности на 3–12%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агробиологические основы возделывания кукурузы на зерно и силос / Н.Ф. Надточав [и др.]. – Минск: Техносервис, 2004. – 100 с.
2. Кукуруза / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 192 с.
3. Надточав, Н.Ф. Выращивание кукурузы на силос и зерно / Н.Ф. Надточав, С.С. Барсуков. – Минск: Ураджай, 1994. – 87 с.
4. Надточав, Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси / Н.Ф. Надточав. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 412 с.
5. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М: Колос, 1977. – 416 с.
6. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Ин-т проблемных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – 24 с.
7. Сорта, включенные в Государственный реестр – основа высоких урожаев / Государственная инспекция по сортиспытанию и охране сортов растений; отв. ред.: С.С. Танкевич. – Минск, 2007. – Ч.IV: Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр: справочное издание. – 439 с.

AGROECONOMIC EFFICIENCY OF CORN CULTIVATION ON BARLEY STRAW ON THE SOD-PODZOLIC SANDY SOIL

**T.M. Seraya, E.N. Bogatyreva, E.G. Mezentseva,
T.M. Kirdun, O.M. Biryukova, Yu.A. Belyavskaya**

In researches on the sod-podzolic sandy soil the highest productivity of grain of corn of 108 c/ha was provided by $N_{90+30}P_{60}K_{140}$ on the background of cattle manure in a dose of 60 t/ha and on the background of straw plowing with the liquid manure in a dose of 30 t/ha, thus profitability of straw plowing with liquid manure was 43% higher. The yield of crude protein made 966–978 kg/ha, starch – 66 c/ha, fodder units – 141,5–141,7 c/ha.

The increase of productivity of corn grain from compensating dose of nitrogen in the form of a carbamide in variants with NPK was doubtful. In variants where straw

is closed up without additional nitrogen, the profit was on the average 59 USD/ha higher in comparison with variant where its autumn application, without decrease grain productivity is provided.

Decrease doses of phosphoric and potash fertilizers taking into account quantity of these elements released from barley straw plowed under corn, provided equal productivity, as well as full doses of NPK, at decrease expenses for fertilizers on 26USD/ha and increase profitability on 3–12%.

Поступила 14.05.14

УДК 631.824:633.15:631.445.2

**ДИАПАЗОН ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ
ОБМЕННОГО МАГНИЯ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ
ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ
СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ**

О.М. Таврыкина, И.М. Богдевич, Ю.В. Путятин, В.А. Довнар, Е.С. Третьяков
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Магний принято относить к вторичным элементам питания растений по значимости, однако в публикациях последних лет его все чаще рассматривают наравне с другими основными элементами. Это неслучайно, поскольку его недостаток в минеральном питании растений ограничивает их урожай, снижает качество сельскохозяйственной продукции, влияет на эффективность использования азотных, фосфорных, калийных удобрений [1–3]. В условиях избытка элемента магний не ядовит для растений. Однако есть данные об ухудшении качества плодов и увеличении потерь продукции при хранении, если она получена на почвах с избыточным его содержанием [2].

В пахотном горизонте дерново-подзолистых почв Беларуси валовое содержание магния колеблется от 0,2 до 0,8% [4]. В почве магний представлен различными минералами, обменным магнием катионаобменного комплекса и ионной формой в почвенном растворе.

Дерново-подзолистые почвы Беларуси в середине прошлого столетия характеризовались крайне низким содержанием магния в поглощающем комплексе. Начиная с 1965 г. в республике проводится системное известкование кислых почв, где в качестве мелиоранта постепенно наращивалось использование доломитовой муки с содержанием MgO ≈20%. Это привело к закономерному повышению содержания в почвах обменных форм магния. Обследование почв

2. Плодородие почв и применение удобрений

сельскохозяйственных земель на содержание магния начато с 1976 г. Согласно данным обследования первых двух лет, средневзвешенное содержание элемента в пахотных почвах многих районов было в пределах 22–62 мг Mg/kg почвы. В это же время была разработана градация по обеспеченности почв магнием [5].

В настоящее время средневзвешенное содержание обменного магния в почвах пахотных земель республики достигло уровня 147 мг Mg/kg почвы, а доля почв с низким содержанием элемента многократно снизилась и составляет около 5% [6]. Большинство почв пахотных земель в Беларуси (64%) относится к группе с оптимальным содержанием элемента, возросла доля почв с высоким его содержанием (31%). Почвы луговых земель, характеризующиеся меньшей интенсивностью выщелачивания катионов, накапливают больше обменного магния, средневзвешенное содержание которого составило 163 мг/kg, а оптимальную и высокую обеспеченность магнием имеют 97% пашни [6].

Содержание обменного магния сильно отличается по отдельным полям республики. Если рассматривать на уровне элементарных участков, то разница в содержании магния может достигать двух порядков. Таким образом, в пахотных почвах наблюдается существенная пестрота в содержании обменного магния и в соотношении катионов $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ и $\text{K}^+:\text{Mg}^{2+}$, а возделываемые культуры испытывают недостаток или избыток магния для формирования урожая. Эквивалентное соотношение $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ в суглинистых пахотных почвах республики в среднем составляет 3,9, $\text{K}^+:\text{Mg}^{2+}$ – 0,3.

Уровень содержания магния в почве, при котором растения начинают испытывать его недостаток, неодинаков для различных культур и зависит от погодных условий. По данным М.М. Мазаевой [7], он будет иметь меньшие величины при относительно низкой температуре воздуха и почвы, при понижении влажности почвы, что вызывает замедление темпа роста и развития растений. Высказано предположение о возможности смещения величины предельного содержания магния в почве в зависимости от почвенной кислотности, поскольку возрастание количества водородных ионов в почвенном растворе обычно ухудшает использование растениями магния.

Высокая подвижность магния в почве, подверженность элемента значительной миграции, заметный вынос с урожаем, его слабая возобновляемость за счет валовых запасов, особенно на песчаных почвах, в то же время существенное повышение его обменных форм в результате известкования доломитовой мукой определяют необходимость мониторинга содержания этого элемента в почвах республики.

Применение серосодержащих удобрений способствует большему усвоению других питательных веществ. Весной процессы сульфофикации замедляются, а минеральные запасы серы промываются в нижние слои почвы и становятся недоступными растениям. Поэтому ранней весной на всех дерново-подзолистых почвах минеральная (сульфатная) сера находится в дефиците. Независимо от содержания в почве общей серы все яровые культуры отзываются на серные удобрения, внесенные перед посевом. А озимые культуры хорошо отзываются на весенние подкормки серными удобрениями [1]. В условиях наличия в республике почв, слабообеспеченных серой, и с учетом того, что в перспективном земледелии сера может оказаться элементом, сдерживающим рост урожаев и качество продукции, возникает необходимость дифференцированного применения

серосодержащих удобрений, эффективность которых в определенной мере зависит от соотношения в почве $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$.

Кукуруза является важной культурой в экономике аграрного сектора нашей республики. Она возделывается на площади около одного миллиона гектаров, занимая 21% в структуре посевов. Основные площади посева кукурузы в стране используются на силос и 196 тыс. га – на зерновые цели. При этом потенциал ее продуктивности реализуется не полностью. За последнее время у нас производилось около 20 млн т кукурузы на зеленый корм и 1,1–1,3 млн т зерна в год со средней урожайностью 240–270 и 50–66 ц/га соответственно [8]. В настоящее время объемы производства зерна кукурузы увеличиваются, а зерно используется на продовольственные (20%), технические (15–20%) и фуражные (60–65%) цели [9].

Недостаток магния в почве при возделывании кукурузы известен и хорошо изучен [4]. Он проявляется при неблагоприятных почвенных и погодных условиях, при разрушенной структуре почвы, при избытке катионов-антагонистов. Это негативно влияет на процессы цветения и опыления у кукурузы, ограничивается завязывание початков, уменьшается их озерненность. Критическая фаза – завязывание и формирование зерна. Данных по возделыванию кукурузы на почвах с высоким содержанием обменного магния практически нет.

Отклонение от диапазона рекомендуемого соотношения катионов $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})$ в кормах из-за несбалансированного содержания этих элементов в почве является причиной снижения продуктивности скота, может вызвать заболевание животных пастищной тетанией.

Цель исследований – установить эффективность серосодержащих удобрений на разных уровнях содержания в почве обменного магния и определить диапазон оптимальной обеспеченности дерново-подзолистых легкосуглинистых почв магнием для получения высокой урожайности зеленой массы и зерна кукурузы.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почвенная диагностика магниевого питания кукурузы разработана на основе полевых опытов, проведенных на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, развивающихся на мощных лессовидных суглинках, в 2010–2011 гг. в СПК «Щемыслица» Минского района и в 2012–2013 гг. в ОАО «Гастелловское» Минского района.

Каждый опыт был заложен в двух полях, на которых было создано четыре уровня по содержанию обменного Mg (1н. KCl), отражающие диапазон различий магния в дерново-подзолистых суглинистых почвах Беларуси (табл. 1). Содержание катионов (**Mg, K, Ca**) и их соотношения типичны для хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв пахотных земель [6].

На опытном поле в СПК «Щемыслица» реакция почвы различалась в пределах 6,11–6,42. Опытные делянки находились в одной группе по содержанию подвижных фосфатов, содержание P_2O_5 составило 211–295 мг/кг почвы, подвижной серы – 7,5–8,8 мг/кг. Содержание гумуса было в пределах 1,72–2,02%. Почва в ОАО «Гастелловское» характеризовалась следующими показателями: pH (KCl) – 6,46–6,95, P_2O_5 – 304–390 мг/кг почвы, гумус – 2,13–2,81%, подвижная сера – 6,0–7,8 мг/кг.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Учет урожайности кукурузы на силос был произведен в начале сентября, кукурузы на зерно – в середине октября с квадратного метра. В обоих опытах высевался районированный гибрид Дельфин. Минеральные удобрения были внесены в виде карбамида, калия хлористого, аммофоса, фосфогипса, сульфата аммония весной под предпосевную культивацию согласно схеме опыта (табл. 2). Урожайность зеленой массы кукурузы была приведена к влажности 75%, зерна – 14%.

Обменные формы магния и кальция в почве определяли в вытяжке 1 н. KCl на атомно-абсорбционном анализаторе по ГОСТ 26487–85, фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91, реакцию почвенной среды – по ГОСТ 26483–85, гумуса – по ГОСТ 26212–91, подвижной серы – по ГОСТ 26951–86.

Некорневые подкормки проводились на фоне внесения минеральных удобрений $N_{110+30}P_{60}K_{120}S_{60}$ в стадию раннего развития растений кукурузы (6–8 листьев) до отбора растительных образцов 4% раствором сульфата магния в дозе 1 кг/га Mg.

Повторность опыта – 4-кратная, размещение делянок – рендомизированное. Общая площадь делянки в опыте в СПК «Щемыслица» – 12 м², в ОАО «Гастелловское» – 15 м².

Таблица 1

Содержание и соотношение катионов (Mg, K, Ca) в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах опытных полей в СПК «Щемыслица» и ОАО «Гастелловское»

СПК «Щемыслица»					ОАО «Гастелловское»				
Содержание в почве, мг/кг			Соотношение катионов		Содержание в почве, мг/кг			Соотношение катионов	
Mg	K	Ca	Ca:Mg	K:Mg	Mg	K	Ca	Ca:Mg	K:Mg
74	250	1320	10,7	1,04	77	325	1690	13,2	1,30
120	215	1300	6,5	0,55	144	301	1565	6,5	0,64
181	195	1200	3,9	0,33	195	302	1300	4,0	0,48
240	165	1100	2,7	0,21	263	308	1270	2,9	0,36

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным опыта в СПК «Щемыслица» в среднем за 2 года урожайность зеленой массы кукурузы на фоне $N_{110+30}P_{60}K_{120}$ повышалась по мере увеличения содержания обменного магния в почве вплоть до уровня 189 мг Mg на кг почвы (максимальное значение по уравнению параболы), дальнейшее повышение содержания Mg приводило к снижению урожайности (рис. 1). Прибавка урожайности за счет повышения обеспеченности почвы магнием на 107 мг Mg на кг почвы (с 74 до 181 мг/кг) составила 12,8 т зеленой массы с гектара (с 66,1 до 78,9 т/га).

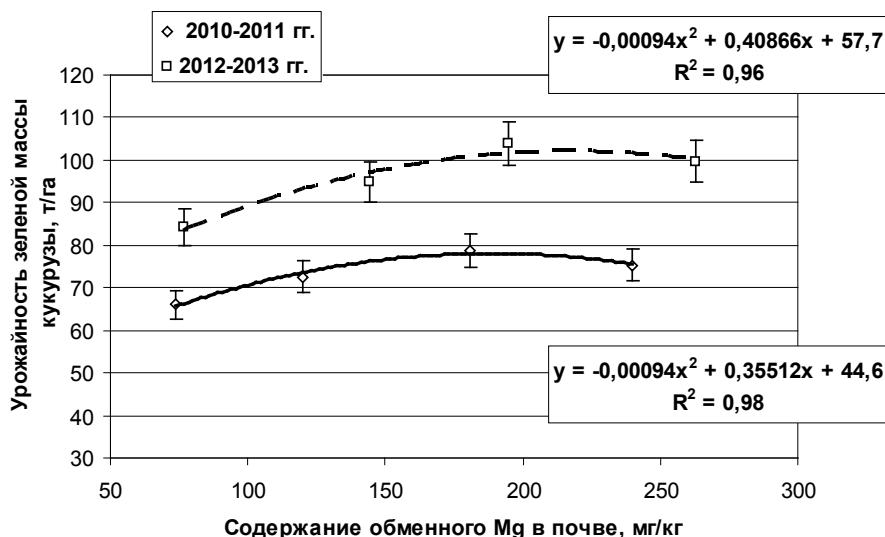


Рис. 1. Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (полевой опыт в СПК «Щемыслица», 2010–2011 гг., в ОАО «Гастелловское», 2012–2013 гг.).

Вариант $N_{110+30}P_{60}K_{120}$

В опыте в ОАО «Гастелловское» на фоне применения удобрений в дозе $N_{110+30}P_{60}K_{120}$ в среднем за два года получена урожайность зеленой массы кукурузы 84,2–103,8 т/га. Наибольшая урожайность зеленой массы, согласно расчетам, наблюдалась при уровне содержания обменного Mg 217 мг/кг, на более высоком уровне содержания обменного магния – 263 мг/кг почвы происходило снижение урожайности в среднем на 4% (со 103,8 до 99,7 т/га) (рис. 1).

Наибольшая расчетная урожайность зеленой массы кукурузы, по данным опыта в СПК «Щемыслица», получена при содержании обменного Mg 189 ± 9 мг/кг почвы, аналогичный оптимум содержания обменного магния, по данным опыта в ОАО «Гастелловское», составил Mg 217 ± 11 мг/кг почвы (рис. 1).

Погодные условия исследуемого периода способствовали получению высокой урожайности зерна кукурузы, достаточное увлажнение и высокие температуры воздуха за годы исследований позволили получить урожайность соответственно в 2010–2011 гг. и в 2012–2013 гг. 11,9–13,4 и 12,9–14,4 т/га (рис. 2). Максимальное значение урожайности зерна кукурузы в варианте с применением $N_{110+30}P_{60}K_{120}$, рассчитанное по уравнению параболической кривой, было выявлено при содержании обменного магния 179 ± 9 мг/кг почвы и 229 ± 11 мг/кг почвы соответственно для двух полевых опытов. Урожайность зерна в полевых опытах повышалась при увеличении содержания обменного магния на 12–13%. При последующем повышении содержания обменного магния в почве до 240–263 мг/кг и сужении соответствующего эквивалентного соотношения Ca:Mg до 2,7–2,9 наблюдалось небольшое снижение урожайности зерна кукурузы на 2–5% (с 13,4 до 12,7 в СПК «Щемыслица» и с 14,4 до 14,1 т/га в ОАО «Гастелловское») (рис. 2).

2. Плодородие почв и применение удобрений

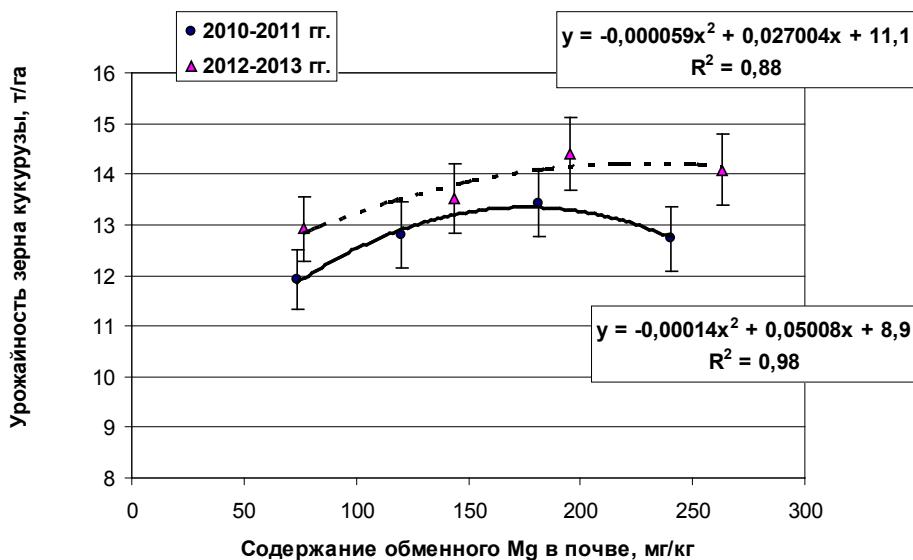


Рис. 2. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (полевой опыт в СПК «Щемыслица», 2010–2011 гг., в ОАО «Гастелловское», 2012–2013 гг.

Вариант $N_{110+30} P_{60} K_{120}$)

Таким образом, ориентировочный расчетный диапазон оптимального содержания обменного магния для кукурузы в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией среды, по данным вышеприведенных двух опытов, определен как 180–240 мг Mg/kg почвы (или MgO 300–400 мг/кг). Этот диапазон оптимума соответствует пятой группе действующей в Беларуси градации обеспеченности почв магнием, которая характеризуется как высокая. При этом эквивалентное соотношение в почве катионов Ca:Mg должно быть в пределах 3,2–4,5, а соотношение K:Mg = 0,3–0,5.

По результатам опыта в СПК «Щемыслица» был проведен анализ урожая кукурузы в вариантах с применением серосодержащих удобрений двух видов – сульфата аммония и фосфогипса в одинаковых дозах – 60 кг/га действующего вещества на фоне $N_{110+30} P_{60} K_{120}$ (табл. 2).

В результате анализа данных можно говорить о том, что обе формы были эффективными на первых трех уровнях содержания в почве магния, обеспечивая урожайность зеленой массы кукурузы 68,2–81,1 т/га и достоверные прибавки по сравнению с фоновым вариантом, равные 2,0–7,7 т/га.

На повышенном уровне содержания обменного магния внесение этих удобрений не обеспечило получение достоверной прибавки урожая зеленой массы кукурузы. Фосфогипс по сравнению с сульфатом аммония был более эффективен.

Урожайность зерна кукурузы в вариантах с применением S_{60} получена 12,5–13,6 т/га, достоверная прибавка урожая 0,7 т/га оказалась на уровне с содержанием обменного магния 74 мг/кг, в этом случае наибольшее увеличение

урожайности зерна кукурузы обеспечил сульфат аммония. На уровнях с содержанием магния 120–240 мг/кг внесение обеих форм серосодержащих удобрений не приводило к достоверному повышению урожайности зерна.

Таблица 2

Урожайность зеленой массы и зерна кукурузы в зависимости от внесения серосодержащих удобрений на разных уровнях обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием (среднее за 2010–2011 гг.)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка зеленой массы от S удобрений, т/га	Урожайность зерна, т/га	Прибавка зерна от S удобрений, т/га
74 мг Mg / кг почвы, Ca:Mg 10,7				
1. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	66,1	–	11,9	–
2. Фон+S ₆₀ (фосфогипс)	73,8	7,7	12,5	0,6
3. Фон+S ₆₀ (сульфат аммония)	68,2	2,1	12,6	0,7
120 мг Mg / кг почвы, Ca:Mg 6,5				
1. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	72,6	–	12,8	–
2. Фон+S ₆₀ (фосфогипс)	77,6	5,0	13,3	0,5
3. Фон+S ₆₀ (сульфат аммония)	74,6	2,0	13,2	0,4
181 мг Mg / кг почвы, Ca:Mg 3,9				
1. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	78,9	–	13,4	–
2. Фон+S ₆₀ (фосфогипс)	83,1	2,2	13,6	0,2
3. Фон+S ₆₀ (сульфат аммония)	81,1	4,2	13,2	-0,2
240 мг Mg / кг почвы, Ca:Mg 2,7				
1. N ₁₁₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	75,3	–	12,7	–
2. Фон+S ₆₀ (фосфогипс)	75,3	0,0	12,9	0,2
3. Фон+S ₆₀ (сульфат аммония)	75,0	-0,3	12,7	0,0
HCP ₀₅ варианты		1,9		0,63
Содержание Mg		2,2		1,04

2. Плодородие почв и применение удобрений

Некорневая подкормка кукурузы раствором сульфата магния на ранней стадии развития в наших опытах подтвердила недостаток магния для растений на первых двух уровнях содержания его в почве. Прибавки урожайности как зеленой массы, так и зерна кукурузы от некорневой подкормки были положительными на уровнях содержания обменного Mg в диапазоне 74–144 мг/кг почвы (рис. 3). На высоких уровнях обеспеченности почвы магнием некорневая подкормка оказалась неэффективной и сопровождалась снижением урожайности кукурузы.

При содержании Mg в почве – 74–77 мг/кг по результатам двух опытов прибавка урожая от подкормки была наибольшей и составила для зеленой массы соответственно 5,0 и 3,5 т/га, для зерна – 0,74–0,76 т/га, при содержании магния 120 и 144 мг/кг почвы – 4,4 и 2,6 и 0,67 и 0,28 т/га соответственно.

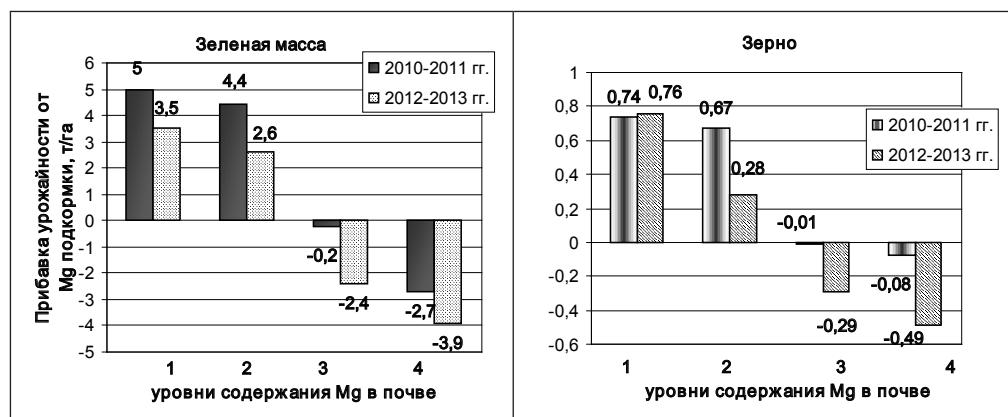


Рис. 3. Прибавки урожайности зеленой массы и зерна кукурузы от некорневой подкормки 4% раствором $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ в дозе 1 кг/га Mg на разных уровнях обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием (полевой опыт в СПК «Щемыслица», 2010–2011 гг., в ОАО «Гастелловское», 2012–2013 гг. Вариант $N_{110+30}P_{60}K_{120}Mg_1$)

Максимальные параметры урожайности кукурузы были получены на удобренных вариантах при эквивалентном соотношении $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ в почве 3,2–4,5. Расширение этого соотношения до уровня 10,7–13,2 или снижение до уровня 2,7–2,9 сопровождалось недобором урожайности зеленой массы и зерна.

Вопрос об определении оптимального соотношения между кальцием и магнием для различных культур и для разных почв остается еще открытым. Имеющиеся в научной литературе сведения противоречивы, так как получены в различных, чаще несравнимых условиях. Считается, что избыток магния в почве не оказывает отрицательного влияния на урожайность большинства сельскохозяйственных культур до тех пор, пока обменного кальция в почве существенно больше, чем магния. По мнению С.А. Барбера [11], избыток магния не проявляется в снижении урожайности сельскохозяйственных культур, пока соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ существенно больше единицы, а оптимальное соотношение находится в пределах 2–7. Однако его величина может изменяться в силу того, что почвы

различаются по относительной силе связывания этих элементов на катионообменных частицах.

По данным проведенных полевых опытов с применением различных доз магниевого удобрения видно, что недостаток магния наблюдался при соотношении $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ более 6,1 [12]. Автор работы [13] считает, что оптимальное соотношение $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ для плодородных почв Финляндии равно 6. В исследований McLean et al. [14] при отборе сопряженных образцов почвы и растений для разных почв США было выявлено, что как высокие, так и низкие урожаи кукурузы встречаются при весьма широком соотношении $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ в почве: от 5,0 до 16,1. В связи с этим авторы делают вывод о том, что для нормального роста и развития растений имеет значение присутствие элементов в почве в достаточном количестве, а не их соотношение. В публикации [15] подчеркнуто, что соотношение $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ в почве может быть значимым для влияния на урожайность культур только в сочетании с конкретной концентрацией в почве обоих катионов.

Очевидно, что потребность кукурузы в магнии может быть ограничена недостаточным содержанием его в почве. Очень высокое содержание магния также может оказывать негативное влияние на общий режим питания растений в связи с конкуренцией катионов за поглощение растениями. Поэтому желательно формирование содержания обменного магния в почве в пределах диапазонов, обеспечивающих наибольшую продуктивность и качество продукции кукурузы. Особенно важно предотвратить большой недобор урожайности до 1,0–1,5 т зерна и 12–20 т зеленой массы с гектара за счет размещения посевов кукурузы на почвах с низким содержанием обменного магния. А при необходимости возделывания кукурузы на недостаточно обеспеченных магнием почвах следует предусмотреть некорневые подкормки растений в фазе 6–8 листьев сульфатом магния.

ВЫВОДЫ

1. Проведены в 2010–2013 гг. модельные полевые опыты по установлению оптимального для кукурузы уровня обеспеченности дерново-подзолистых легкосуглинистых почв обменным магнием, возделываемой на зерно и зеленую массу. Для этого созданы четыре уровня (блока) обеспеченности почв обменными формами Mg (1 н. KCl) в диапазоне от низкого 74–77 до высокого 240–263 мг/кг почвы при соответствующем эквивалентном соотношении $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$, от 10,7–13,2 до 2,7–2,9, $\text{K}^{+}:\text{Mg}^{2+}$ – от 1,30–1,04 до 0,21–0,36. Другие агрохимические свойства (рН KCl, содержание гумуса, подвижных форм фосфора) были близки к оптимальным параметрам и сравнительно выровнены по блокам. Созданные уровни отражают типичный диапазон различий по содержанию обменного магния и соотношений катионов $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}:\text{K}^{+}$ в дерново-подзолистых суглинистых почвах Беларуси.

2. Установлено повышение урожайности зеленой массы кукурузы на 8–12% и зерна кукурузы на 12–13% за счет повышения содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в диапазоне 74–195 мг Mg на кг почвы. Дальнейшее повышение содержания Mg до уровня 240–263 мг/кг почвы приводило к снижению урожайности кукурузы на 4–9%. Определен диапазон оптимального содержания обменного магния в высокоокультуренной

2. Плодородие почв и применение удобрений

дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с нейтральной и близкой к нейтральной реакцией среды – 180–240 мг Mg /кг почвы, при этом соотношения катионов поглощающего комплекса $\text{Ca}^{2+}:\text{Mg}^{2+}$ соответствовали значениям 3,5–4,0; $\text{K}^+:\text{Mg}^{2+} = 0,3\text{--}0,5$ для получения высокой урожайности зеленой массы и зерна кукурузы (75–102 и 13–14 т/га соответственно).

Эффективность некорневой подкормки растений кукурузы в стадии 6–8 листьев раствором сульфата магния (1 кг Mg/га) закономерно снижалась по мере повышения содержания обменного магния в почве, что подтверждает надежность почвенной диагностики магниевого питания.

3. Исследование двух видов серосодержащих удобрений – сульфата аммония и фосфогипса в одинаковых дозах – 60 кг/га действующего вещества показало, что обе формы были эффективными на первых трех уровнях содержания в почве магния, обеспечивая урожайность зеленой массы кукурузы 68,2–81,1 т/га и достоверные прибавки по сравнению с фоновым вариантом, равные 2,0–7,7 т/га. Достоверной прибавка урожая зерна кукурузы при применении серосодержащих удобрений – 0,7 т/га оказалась лишь на уровне с самым низким содержанием обменного магния – 74 мг/кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев. – М., 2004. – 719 с.
2. Аристархов, А.Н. Агрохимическое обоснование применения магниевых удобрений / А.Н. Аристархов // Плодородие. – 2002. – № 3. – С. 15–17.
3. Мишук, О.Л. Влияние магния и серы на урожайность и качество семян ярового рапса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О.Л. Мишук; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 22 с.
4. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: БГУ, 2003. – 322 с.
5. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск, 1978. – С. 227–232.
6. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.
7. Мазаева, М.М. Магниевое питание растений и магниевые удобрения: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук / М.М. Мазаева. – М., 1967. – 42 с.
8. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сборник / Нац. стат. ком. РБ. – 2011. – 282 с.
9. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование / под ред. Д. Шпаара. – 4-е изд. – 2012. – 464 с.
10. Руководство по возделыванию кукурузы на зерно / В.В. Мелехов [и др.]. – Волгоград, 2003. – 123 с.
11. Барбер, С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход / С.А. Барбер; под ред. Э.Е. Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
12. Содержание магния и оптимальные параметры плодородия почв / И.А. Кожуро [и др.]. – М.: Колос, 1984. – С. 162–172.

13. Jokinen, R. The magnesium status of Finnish mineral soils and the requirement of the magnesium supply / R. Jokinen // Magnesium Bulletin. – 1981. – № 3. – P. 1–5.
14. McLean, E.O. Basic cation saturation ratios as a basis for fertilizing and liming agronomic crops. II. Field studies / E.O. McLean [et al.]. – Agronomy Journal. – 1983. – P. 75:635–639.
15. Brady, K.U. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils / K.U. Brady, A.R. Kruckeberg, H. Bradshaw // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. – 2005. – P. 36:243–266.

OPTIMUM LEVELS OF EXCHANGEABLE MAGNESIUM IN THE PODZOLUVISOL LOAM SOIL AND EFFICIENCY OF THE SULFUR-CONTAINING FERTILIZERS FOR CORN PRODUCTION

O.M. Tavrykina, I.M. Bogdevich, Yu.V. Putyatin, V.A. Dovnar, E.S. Tret'yakov

Summary

Field trials were conducted in 2010–2013 years on the Podzoluvisol light loam soils on four different levels of the exchangeable magnesium content (1 n. KCl) has been presented. The levels of exchangeable magnesium are: 74–77; 120–144; 181–195; 240–263 mg kg⁻¹ Mg. The equivalent cation ratios on presented levels has corresponding significances: Ca²⁺:Mg²⁺=10,7–13,2; 6,5; 3,9–4,0; 2,7–2,9 and K⁺:Mg²⁺=1,04–1,30; 0,55–0,64; 0,33–0,48; 0,21–0,36. It was determined accounting range of the optimum content of the exchangeable magnesium in soil (180–240 mg kg⁻¹ Mg) and equivalent cation ratios of the soil absorbing complex (Ca²⁺:Mg²⁺=3,5–4,0; K⁺:Mg²⁺=0,3–0,5) for receiving of the high productivity of green mass and grain corn.

Essential gains of green mass corn yield – 5,0–2,6 t/ha and grain corn yield – 0,74–0,28 t/ha was obtained when a foliar spray of Mg fertilizer (1 kg/ha, 4% MgSO₄·7H₂O) was applied only on the low and medium contents of the exchangeable magnesium in the soil.

Application of the 60 kg/ha sulfur fertilizers allowed to obtain gains of green mass corn are 2,0–7,7 t/ha at the magnesium content in the soil not higher than 181 mg/kg. Phospogypsum in contrast with the ammonium sulfate fertilizer was more efficiency.

Поступила 20.02.14

УДК 631.445.4:633.15

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКОГО ФОНА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО НА МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ КУКУРУЗЫ

Я.С. Филимончук

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского»,
г. Харьков, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Условия минерального питания являются одним из основных факторов регулирования обмена веществ в растениях и их химического состава. Направленное изменение состава и соотношения питательных веществ в почвенном растворе дает возможность активно влиять на рост и развитие растений, их продуктивность и качество урожая.

Фактором, который оказывает негативное влияние на минеральное питание и продукционные процессы кукурузы, является дефицит питательных элементов, что особенно проявляется в начале вегетации [1–4].

Формирование высокопродуктивных посевов кукурузы в наибольшей степени ограничивается недостатком доступных соединений азота и фосфора в корнеобитаемом слое. Это определяет высокую потребность посевов в азотных и фосфорных удобрениях, эффективность которых существенно возрастает при их взаимодействии [5–7].

В связи с этим целью наших исследований было изучение влияния агрохимического фона чернозема типичного на минеральное питание кукурузы в основные фазы онтогенеза в условиях вегетационного опыта.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Почва для вегетационного опыта была отобрана на Слобожанском опытном поле ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» Харьковского района Харьковской области с длительного стационарного полевого опыта, заложенного в 1969 г., после распашки многолетней залежи (более 40 лет), на фоне органической и органо-минеральной систем удобрения.

В опыте созданы искусственные агрохимические фоны с разными уровнями интенсификации использования пашни, смоделированными по каждому элементу питания и их совокупности. В 1969–1970 гг. внесено в запас по 800 кг/га действующего вещества азота, фосфора и калия, а в начале 3 ротации (1983 г.) дополнительно по 400 кг/га каждого элемента питания; навоз вносили в конце 1-й (20 т/га), 3-й (60 т/га) и 4-й (60 т/га) ротации, последний раз – в 1994 г. До момента отбора почвы для вегетационного опыта было завершено 6 ротаций севооборота.

Для закладки вегетационного опыта, в августе 2011 г., были отобраны образцы почвы на таких агрохимических фонах: 1. Навоз 140 т/га (последействие с

1995 г., с навозом в почву внесено $N_{590}P_{280}K_{700}$; 2. Навоз 140 т/га + P_{1200} (в запас, последействие с 1983 г., всего внесено $N_{590}P_{1480}K_{700}$); 3. Навоз 140 т/га + $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$ (в запас, последействие с 1983 г.) + $N_1P_1K_1$ (ежегодно одинарная доза под культуры севооборота, последействие с 2011 г., всего внесено $N_{3130}P_{2820}K_{3030}$).

Почва опытного поля – чернозем типичный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке (агрохимическая характеристика приведена в табл. 1).

Таблица 1
**Агрохимические показатели чернозема типичного
на разных агрохимических фонах**

Фон	Показатель и единицы измерения				
	Содержание гумуса, %	$pH_{\text{сол.}}$	мг/100 г почвы		
			$N_{\text{мин.}}$	P_2O_5	K_2O
Навоз 140 т/га	4,4	4,5	1,0	6,1	11,7
Навоз 140 т/га + P_{1200}	3,5	5,5	1,1	9,3	10,2
Навоз 140 т/га + $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$ + $N_1P_1K_1$	3,9	4,5	1,9	14,9	14,2
HCP ₀₅	0,2	0,1	0,1	1,1	2,6

История стационарного опыта хорошо задокументирована и неоднократно описана [8].

Опыт заложен в вегетационных сосудах емкостью 5,0 дм³. Почвенную массу просеяли через сито диаметром 3,0 мм и перед закладкой в сосуды 5 кг почвы смешали с минеральными удобрениями. Повторность вариантов в опыте – трехкратная. Схема вегетационного опыта представлена в таблице 2. В статье приведены однолетние данные.

После завершения вегетационного опыта в растительных образцах определяли содержание NPK по МВЗ 31–497058–019–2005 [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты опыта характеризуют особенности минерального питания кукурузы в различные фазы вегетации в зависимости от агрохимического фона и внесенных на этих фонах минеральных удобрений.

Нами было установлено, что содержание азота в тканях растений кукурузы меняется в течение периода вегетации следующим образом. В фазу всходов концентрация азота по вариантам опыта варьировала в пределах от 4,03 до 4,98%, в фазу 7–8 листьев – от 1,34 до 2,53%, в фазу 10–12 листьев – от 1,06 до 1,87% (табл. 2).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на содержание азота и фосфора в биомассе кукурузы

Вариант	Содержание N и P в растениях, % на сухую массу			Вынос N и P зеленой массой, г/сосуд	Урожай зеленой массы, г/сосуд
	фаза всходы	фаза 7–8 листьев	фаза 10–12 листьев		
Навоз 140 т/га					
Контроль	4,03/0,81	1,34/0,32	1,21/0,29	8,8/2,2	56,4
N ₁₂₀	4,44/0,75	2,04/0,33	1,50/0,29	14,1/2,8	72,4
P ₁₂₀	4,42/0,84	1,39/0,41	1,25/0,37	10,3/3,2	61,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀	4,57/0,82	2,10/0,37	1,65/0,29	18,5/3,3	83,7
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,59/0,83	2,10/0,37	1,59/0,29	17,9/3,4	85,9
HCP ₀₅ (по фону)	0,26/0,03	0,31/0,04	0,11/0,05		7,2
Навоз 140 т/га + P₁₂₀₀					
Контроль	4,11/0,91	1,35/0,37	1,15/0,41	8,9/3,0	57,2
N ₁₂₀	4,38/0,90	1,93/0,38	1,45/0,31	15,4/3,1	79,1
P ₁₂₀	4,79/1,01	1,42/0,48	1,06/0,45	10,0/4,5	70,3
N ₁₂₀ P ₁₂₀	4,72/0,93	2,07/0,38	1,55/0,32	15,7/3,1	80,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,35/0,87	2,01/0,39	1,55/0,31	18,1/3,6	93,4
HCP ₀₅ (по фону)	0,11/0,03	0,16/0,04	0,39/0,07		8,9
Навоз 140 т/га + N₁₂₀₀P₁₂₀₀K₁₂₀₀ + N₁P₁K₁					
Контроль	4,50/1,21	1,36/0,63	1,13/0,47	9,7/4,4	67,5
N ₁₂₀	4,88/1,03	2,05/0,42	1,53/0,37	17,2/4,6	88,6
P ₁₂₀	4,80/1,20	1,34/0,64	1,22/0,59	13,1/6,5	83,9
N ₁₂₀ P ₁₂₀	4,98/1,19	2,39/0,49	1,69/0,40	20,6/4,8	93,2
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	4,98/1,20	2,53/0,43	1,87/0,34	23,6/3,7	95,7
HCP ₀₅ (по фону)	0,17/0,02	0,05/0,13	0,28/0,08		9,5
HCP ₀₅ (по всем фонам)	0,16/0,08	0,21/0,04	0,16/0,05		7,3

Примечание. N/P₂O₅.

На навозном фоне при внесении азотного удобрения в сочетании с фосфорным (вар. N₁₂₀P₁₂₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀) в фазу всходов кукурузы наблюдалось увеличение поглощения азота на 13 и 14% по сравнению с контролем. Под влиянием азотного (вар. N₁₂₀) и фосфорного (вар. P₁₂₀) удобрения, внесенного отдельно, поглощение азота растениями происходило менее интенсивно (содержание увеличилось на 10%). Концентрация азота в тканях растений кукурузы в фазу развития 7–8 листьев уменьшалась по сравнению с фазой всходов. Под влиянием

азотного удобрения (вар. N_{120}) содержание азота в биомассе выросло на 52%, а в случае совместного применения минеральных удобрений (вар. $N_{120}P_{120}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$) – на 57% относительно контрольного варианта. Фосфорные удобрения на этом фоне слабо влияли на содержание азота в зеленой массе кукурузы – ее увеличение не превысило 4% по отношению к контролю.

В фазу формирования 10–12 листьев наблюдалось уменьшение содержания азота в сухом веществе, что связано с ростом и его распределением в большей биомассе растений. В эту фазу онтогенеза наиболее активно растения кукурузы поглощали азот в вариантах $N_{120}P_{120}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$: концентрация этого элемента питания в тканях растений достоверно увеличилась на 36% и 31% относительно контрольного варианта. Именно в этих вариантах на данном фоне отмечен самый высокий вынос азота (18,5 и 17,9 г/сосуд), который по сравнению с контролем увеличился на 9,7 и 9,1 г/сосуд соответственно. Внесенные отдельно азотные удобрения (вар. N_{120}) способствовали повышению поглощения азота растениями кукурузы на 24%, а фосфорные удобрения (вар. P_{120}) – всего лишь на 3%.

На агрохимическом фоне навоз 140 т/га + P_{1200} в начале вегетации кукурузы по сравнению с контролем наиболее высокое содержание азота было отмечено при внесении фосфорных удобрений (P_{120}) и при взаимодействии азотного и фосфорного питания ($N_{120}P_{120}$). В данных вариантах содержание азота возросло до 4,79% и до 4,72% соответственно. Более низкое содержание азота (4,38% и 4,35%) на этом фоне было отмечено в вариантах N_{120} и $N_{120}P_{120}K_{120}$. В фазу 7–8 листьев под влиянием $N_{120}P_{120}$ содержание азота в биомассе повысилось на 53% относительно контроля этого фона. При внесении отдельно азотных удобрений (N_{120}), а также полного минерального удобрения $N_{120}P_{120}K_{120}$ поглощение азота уменьшилось на 7% и 3% относительно варианта $N_{120}P_{120}$. В варианте с внесением азотных и фосфорных удобрений вынос азота по сравнению с контролем на данном фоне увеличился на 6,8 г/сосуд, в то время как в варианте $N_{120}P_{120}K_{120}$ – на 9,2 г/сосуд. При этом урожай зеленой массы кукурузы возрос на 23,6 и 36,2 г/сосуд соответственно.

Более высокая эффективность азотных и фосфорных удобрений установлена на фоне полного минерального удобрения в запас и систематически (навоз 140 т/га + $N_{1200}P_{1200}K_{1200}$ + $N_1P_1K_1$). Именно на этом фоне среди всех исследуемых агрохимических фонов в первые две фазы развития кукурузы в вариантах $N_{120}P_{120}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ было отмечено самое высокое содержание азота в тканях растений, которое составило: в фазу всходов – 4,98%, а в фазу формирования 7–8 листьев – 2,39–2,53%. В фазу формирования 10–12 листьев в варианте $N_{120}P_{120}K_{120}$ наблюдалось достоверное повышение накопления азота в биомассе кукурузы до 1,87%. Увеличивался и вынос азота, причем более ощутимо в случае внесения азотного удобрения в сочетании с фосфорным. При низкой обеспеченности азотом (вар. P_{120}) кукуруза использовала на 7,5 и 10,5 г азота меньше, чем в вариантах $N_{120}P_{120}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$. Это отразилось и на формировании надземной биомассы кукурузы, что обеспечило прирост урожая зеленой массы всего лишь на 16,4 г/сосуд, в то время как в вариантах $N_{120}P_{120}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ урожай возрос на 25,7 и 28,2 г/сосуд по сравнению с контрольным вариантом этого фона.

Наряду с диагностикой азотного питания, важным является и определение содержания фосфора в растениях кукурузы. На фоне навоз 140 т/га на

2. Плодородие почв и применение удобрений

протяжении роста и развития кукурузы значительных изменений данного показателя при совместном внесении азотно-фосфорных, азотно-фосфорно-калийных, а также только азотных удобрений не обнаружено.

На фоне навоз 140 т/га + Р₁₂₀₀ в фазу всходов кукурузы под влиянием фосфорных удобрений содержание фосфора значительно возросло до 1,01% в сравнении с другими вариантами. В фазу формирования 7–8 листьев наблюдалась такая же закономерность. На агрохимическом фоне навоз 140 т/га + N₁₂₀₀P₁₂₀₀K₁₂₀₀ + N₁P₁K₁ в фазу формирования 7–8 и 10–12 листьев отмечено максимальное содержание фосфора – 0,64% и 0,59% соответственно. На этом же фоне установлен и максимальный вынос фосфора растениями, который составил 6,5 г/сосуд (при внесении Р₁₂₀₀).

ВЫВОДЫ

1. Поглощение азота растениями кукурузы изменялось на протяжении всей вегетации. На всех исследуемых агрохимических фонах наиболее интенсивное поглощение азота наблюдалось при внесении N₁₂₀P₁₂₀ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀. Самое высокое содержание азота в биомассе было установлено на фоне навоз + N₁₂₀₀P₁₂₀₀K₁₂₀₀ + N₁P₁K₁ в варианте N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ и составляло в фазу всходов 4,98%, в фазу формирования 7–8 листьев – 2,53%, в фазу формирования 10–12 листьев – 1,87%.

2. Внесенные минеральные удобрения на агрохимических фонах не имели существенного влияния на изменение содержания фосфора в растениях кукурузы на протяжении вегетации. Только применение фосфорного удобрения (вар. Р₁₂₀) увеличило накопление макроэлемента в зеленой массе.

3. Вынос азота и фосфора с урожаем зеленой массы кукурузы изменялся как в зависимости от созданных агрохимических фонов, так и от внесенных минеральных удобрений. Самый высокий вынос азота и фосфора наблюдался во всех вариантах агрохимического фона навоз + N₁₂₀₀P₁₂₀₀K₁₂₀₀ + N₁P₁K₁.

4. Наибольшая прибавка урожая зеленой массы кукурузы, которая составила 63% (по сравнению с контролем), отмечена в варианте N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ на агрохимическом фоне с внесением фосфорных удобрений в запас.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Русинова, И.П. Изучение взаимосвязи азотного и фосфорного питания растений (с применением ¹⁵N и ³⁵P) / И.П. Русинова // Агрохимия. – 1977. – № 8. – С. 3–7.
2. Усманов, А.Н. Изучение взаимного влияния азота и фосфора при возрастающих их концентрациях в растворе на рост, развитие и продуктивность хлопчатника / А.Н. Усманов // Агрохимия. – 1980. – № 5. – С. 23–29.
3. Церлинг, В.В. Растение рассказывает о почве // Как определить потребность растений в удобрениях / В.В. Церлинг – М.: АН СССР, 1963. – 85 с.
4. Ермохин, Ю.И. Диагностика питания растений / Ю.И. Ермохин – Омск: ОмГАУ, 1995. – 208 с.
5. Ивойлов, А.В. Влияние погодных условий на эффективность отдельных видов и сочетаний удобрений при внесении под кукурузу в зоне неустойчивого увлажнения / А.В. Ивойлов // Агрохимия. – 1993. – № 8. – С. 58–65.

6. Никитишен, В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы / В.И. Никитишен. – М.: Наука, 2002. – 258 с.
7. Никитишен, В.И. Минеральное питание кукурузы при взаимодействии азотного и фосфорного удобрения / В.И. Никитишен, В.И. Личко // Агрохимия. – 2012. – № 11. – С. 9–15.
8. Носко, Б.С. К вопросу об использовании искусственных агрохимических фонов при изучении эффективности удобрений / Б.С. Носко // Агрохимия. – 1975. – № 6. – С. 76–82.
9. Рослини. Визначення загальних форм азоту, фосфору, калію в одній на- важці рослинного матеріалу: МВВ 31–497058–019–2005.

EFFECT OF AGROCHEMICAL BACKGROUND OF CHERNOZEM TYPICAL ON MINERAL NUTRITION OF MAIZE

Ya.S. Filimonchuk

Summary

The article presents the results of research the effect of agrochemical background of chernozem typical on the mineral nutrition level of maize during the vegetation and also modified of nutrition element loss by green mass in conditions of pot experiment.

Поступила 11.02.14

УДК 631.81.095.337:631.559:[633.112.9'324'+633.15]

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ И КУКУРУЗЫ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Р. Вильдфлуш, Е.М. Мастерова

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с макроэлементами растениям необходимы микроэлементы, потребляемые ими в небольших дозах, но играющие важную роль в их жизнедеятельности: бор, медь, кобальт, цинк, молибден, йод, марганец и другие. Содержание их в растении исчисляется сотыми и тысячными долями процента,

2. Плодородие почв и применение удобрений

но при этом каждый из элементов выполняет определенные физиологобиохимические функции в организме и дефицит какого-нибудь из них приводит к прекращению роста, заболеванию, а при резком голодании – и к гибели растений [14].

Впервые на особую роль микроэлементов в биологических процессах указал академик В.И. Вернадский. Он отметил, что постоянно и неслучайно присутствуют микроэлементы в растительных и животных организмах [9].

Биохимические исследования последних лет показали, что роль микроэлементов определяется тем, что они входят в состав органических соединений, которые принимают участие в обменных процессах. Развитие учения о хелатах весьма углубило понимание физиологической роли элементов минерального питания и прежде всего микроэлементов. Многочисленные исследования, проведенные в этой области, позволили раскрыть каталитическое действие металла в качестве кофактора, а также, используя некоторые хелатообразующие соединения, удалось выяснить механизм действия многих ферментов и природу активирующего действия ионов металлов [8, 10, 11, 12].

Хелат (*от греч. chele – клюшка*) – химическое соединение металла (микроэлемента) с хелатирующими агентом циклического характера. Основным хелатирующим агентом, принятым в мировой промышленности и агрохимической наукой, является ОЭДФ (гидроксиэтил-дендрифосфорная кислота). Хелаты на ее основе можно использовать на почвах с pH 4,5–11. Отличительная черта этого хелатирующего агента в том, что он может, в отличие от ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота), образовывать устойчивые комплексы с молибденом и бором. ОЭДФ устойчива по отношению к действию микроорганизмов почвы. Строго дифференцируемые условия растворимости комплексов ОЭДФ позволяют получать микроудобрения пролонгированного действия. Специфичность взаимодействия ОЭДФ с ионами кальция позволяет изменять физико-химические и гранулометрические свойства различных минеральных удобрений. Применение хелатов на основе ОЭДФ в рабочих растворах на очень жестких природных водах недопустимо, однако подкисление устраняет этот недостаток. Кроме того, ОЭДФ предотвращает образование малорастворимых солей в форсунках, трубопроводах питательных систем и является регулятором роста [1, 13].

Практика показала, что минеральные соли микроэлементов по своей эффективности уступают хелатным соединениям микроэлементов. Установлено, что комплексонаты (хелаты) микроэлементов в дозах в 2–10 раз меньших, чем минеральные соли (в эквиваленте по микроэлементам) обеспечивают равные прибавки урожая основных сельскохозяйственных культур [3].

Впервые на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси были проведены исследования микроудобрений в хелатной форме (Адоб Си, Адоб Mn и Басфолиар 36 экстра) и комплексных препаратов, содержащих микроэлементы в хелатной форме и регуляторы роста (МикроСил-Медь-Л и ЭлеГум-Медь), при возделывании озимой тритикале и кукурузы.

Применение микроудобрений в хелатной форме и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволит оптимизировать питание

растений озимой тритикале и кукурузы и разработать высокоэффективную систему удобрения этих культур, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожая.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в учебно-опытном севообороте кафедры земледелия на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» в 2010–2013 гг. Объектом исследований являлись – гибрид кукурузы МЕЛ 372 МВ и озимая тритикале Вольтарио. Общая площадь делянки под озимую тритикале – 36 м², учетная – 24,7 м², под кукурузу – 54 м² и 43,8 м² соответственно, повторность в опыте – четырехкратная. Исследования проводились по общепринятым методикам закладки и проведения опытов [2, 5].

Исследования осуществлялись на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Пахотный горизонт опытного участка имел среднее содержание гумуса (1,8–2,0), высокое содержание подвижного фосфора (287–290 мг/кг) и среднее (180–188 мг/кг) подвижного калия по методу Кирсанова, слабокислую реакцию (pH_{KCl} 5,9–6,0) почвенной среды.

В опытах применяли мочевину (46% N), аммонизированный суперфосфат (33% P_2O_5 , 8% N), хлористый калий (60% K_2O), КАС (30% N). Обработку растений озимой тритикале и кукурузы проводили микроудобрениями и комплексными препаратами:

- Адоб–Mn (15,3% Mn, 9,83% N), Адоб–Cu (6,4% Cu, 2,61% N) и Адоб–Zn (6,2% Zn, 2,63% N) производятся производственно–консультативным предприятием «ADOB» (Польша) по лицензии фирмы «BASF». Препараты получены с использованием нового комплексообразующего вещества – тетранатриевой соли иминодиянтарной кислоты (IDHA), которую производит фирма «Bayer AG»;
- Басфолиар 36 экстра – N (36,18%), MgO (4,3%), Mn (1,35%), Cu (0,27%), Fe (0,03%), В (0,027%), Zn (0,013%), Mo (0,01%). Производство «ADOB»;
- ЭлеГум–Медь. Удобрение универсального и специального составов, которое готовится путем обогащения гуминовых торфяных экстрактов различными наборами и соотношением микроэлементов. Массовая концентрация гуминовых веществ в удобрении – 10 г/л. Содержание Cu – 50 г/л;
- Микросил–Медь–Л – 72–82 г/л Cu, 60–70 г/л N, 30 мл/л регулятора роста Экосил. Производится ИООО «Холл Кэмикал», РБ.

Обработка растений тритикале микроэлементами и комплексными препаратами проводилась в начале фазы выход в трубку ранцевым опрыскивателем с 200 л/га воды в дозе: Адоб Mn – 1 л/га, Адоб Cu – 1 л/га, Басфолиар 36 экстра – 5 л/га, ЭлеГум–Медь – 0,8 л/га, Микросил–Медь–Л – 1 л/га; растений кукурузы – при достижении растениями 6–8 листьев ранцевым опрыскивателем в дозе: Адоб Zn – 1 л/га, ЭлеГум–Медь – 1 л/га, Адоб Zn – 0,5 л/га + ЭлеГум–Медь – 0,5 л/га с 250 л/га воды.

Сеяли тритикале сейлкой RAU Airsem в 2010 г. – 6 сентября, в 2011 г. – 11 сентября, в 2012 г. – 12 сентября с нормой высева 4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Предшественником озимой тритикале был горох.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Кукурузу сеяли 18 мая в 2011 г., 15 мая – в 2012 г., 10 мая – в 2013 г. сеялкой СУПН-8. Норма высева 100 тыс. зерен на га. Предшественником кукурузы была озимая тритикале.

Агротехника возделывания – общепринятая для Беларуси [6]. Экономическая оценка проводилась согласно общепринятым методикам [4, 7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35}$ по сравнению с неудобренным контролем повышало урожайность зерна озимой тритикале в 2011 г. на 37,0 ц/га, а в 2012 г. – на 46,0 ц/га, в 2013 г. – на 42,6 ц/га. В среднем за три года прибавка урожайности зерна в этом варианте составила 41,9 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK 15,5 кг зерна (табл. 1).

Таблица 1
Влияние микроудобрений на урожайность зерна озимой тритикале

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя			
1. Без удобрений (контроль)	29,3	24,0	16,0	23,1	–	–	
2. $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35}$ – фон	66,3	70,0	58,6	65,0	41,9	–	15,5
3. Фон + Басфолиар 36 экстра	72,3	77,1	66,4	71,9	48,8	6,9	18,1
4. Фон + МикроСил–Медь–Л	74,5	76,0	62,2	70,9	47,8	5,9	17,7
5. Фон + ЭлеГум–Медь	73,8	75,2	61,8	70,3	47,2	5,3	17,5
6. Фон + Адоб Cu	74,0	77,4	63,4	71,6	48,5	6,6	18,0
7. Фон + Адоб Mn	67,1	70,6	58,9	65,5	42,4	0,5	15,7
HCP ₀₅	1,6	2,0	2,9	1,3			

Обработка посевов озимой тритикале польским микроудобрением Адоб Си повышала урожайность зерна по сравнению с фоновым вариантом в среднем за 2011–2013 гг. на 6,6 ц/га. Применение Адоб Mn на фоне $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35}$ в среднем за три года не способствовало повышению урожайности зерна озимой тритикале.

Использование для опрыскивания посевов тритикале комплексного препарата *МикроСил–Медь–Л* было эффективным. Так, в 2011 г. прибавка урожайности зерна при его применении составила 8,2 ц/га, в 2012 г. – 6,0 ц/га, в 2013 г. – 3,6 ц/га, а в среднем за три года – 5,9 ц/га по сравнению с фоном. Эффективным было и применение комплексного препарата на основе медных микроудобрений *ЭлеГум–Медь*, который повышал урожайность зерна по сравнению с фоном $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35}$ на 5,3 ц/га в среднем за три года.

Обработка посевов комплексным микроудобрением *Басфолиар 36 экстра* была также эффективна и повышала урожайности зерна в среднем за три года на 6,9 ц/га.

Применение микроудобрений и комплексных препаратов на основе микроудобрений повышало окупаемость 1 кг NPK кг зерна озимой тритикале. Наиболее высокой окупаемость 1 кг NPK (18,1 кг) кг зерна была в варианте $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35} + \text{Басфолиар 36 экстра}$. Высокой (18,0 кг) она была и в варианте с применением *Адоб–Си*.

Самая низкая урожайность зеленой массы кукурузы наблюдалась в 2013 г. в варианте без применения удобрений – 141 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от применения микроудобрений

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя			
1. Без удобрений (контроль)	252	211	141	201	–	–	–
2. $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$ – фон	587	613	630	610	409	–	152
3. Фон + Адоб Zn	665	700	691	685	484	75	179
4. Фон + ЭлеГум–Медь	684	697	685	689	488	79	181
5. Фон + Адоб–Zn + ЭлеГум–Медь	740	747	722	736	535	126	198
HCP ₀₅	14,5	12,8	18,9				

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3
Экономическая эффективность применения микроудобрений на озимой тритикале, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Стоймость прибавки урожая, тыс. руб./га	Затраты на получение прибавки урожая, тыс. руб./га	Себестоимость 1 ц дополнительной продукции, тыс. руб./га	Прибыль от применения микроудобрений, тыс. руб./га	Удельная прибыль на единицу затрат, руб./руб.
2. $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35}$ – фон	5761,3	3065,1	73,2	2696,2	0,88
3. Фон + Басфолиар 36 экстрап	6710,0	3257,9	66,8	3452,1	1,06
4. Фон + МикроСил-Медь-Л	6572,5	3156,0	66,0	3416,5	1,08
5. Фон + ЭлеГум-Медь	6490,0	3133,8	66,4	3356,2	1,07
6. Фон + Адобр Си	6668,8	3138,2	64,7	3530,5	1,12
7. Фон + Адобр Mn	5830,0	3111,5	73,4	2718,5	0,87

Таблица 4
Экономическая эффективность применения микроудобрений на кукурузе, среднее за 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Прибавка кормовых единиц, ц/га	Стоймость прибавки урожая, тыс. руб./га	Затраты на получение прибавки урожая, тыс. руб./га	Себестоимость 1 ц дополнительной продукции, тыс. руб./га	Прибыль от применения микроудобрений, тыс. руб./га	Удельная прибыль на единицу затрат, руб./руб.
2. $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$ – фон	83,8	10022,5	4338,4	51,8	5684,1	1,31
3. Фон + Адобр Zn	99,2	11864,3	4711,7	47,5	7152,6	1,52
4. Фон + ЭлеГум-Медь	100,0	11960,0	4730,5	47,3	7229,5	1,53
5. Фон + Адобр Zn + ЭлеГум-Медь	109,6	13108,2	4936,1	45,0	8172,1	1,66

Использование для некорневой подкормки Адоб Zn значительно повышало урожайность зеленой массы. Так, в 2011 г. прибавка урожайности зеленой массы на фоне $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$ была на уровне 78 ц/га, в 2012 г. – 87 ц/га, в 2013 г. – 61 ц/га, а в среднем за три года – 75 ц/га.

Применение комплексного препарата ЭлеГум–Медь в фазу 6–8 листьев кукурузы привело к увеличению урожайности зеленой массы на 97 ц/га в 2011 г., на 84 ц/га – в 2012 г., на 55 ц/га – в 2013 г., а в среднем за три года – на 79 ц/га.

Максимальная урожайность зеленой массы кукурузы во все годы исследований была в варианте с совместным применением Адоб Zn и ЭлеГум–Медь в фазе 6–8 листьев на фоне $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$. Так, в 2011 г. прибавка составила 153 ц/га, в 2012 г. – 134 ц/га, в 2013 г. – 92 ц/га. В среднем за три года прибавка урожайности зеленой массы составила 126 ц/га. В этом варианте получена и самая высокая окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы – 198 кг.

Экономическая оценка применения микроудобрений на озимой тритикале в среднем за три года показала, что все изучаемые микроудобрения и комплексные препараты экономически эффективны (табл. 3).

Затраты на получение прибавки урожая колебались в пределах 3065,1–3257,9 тыс. руб./га. Самая низкая себестоимость 1 ц дополнительной продукции получена в варианте совместного применения $N_{20}P_{70}K_{120} + N_{70} + N_{30} + \text{Адоб Cu}$ (64,7 тыс. руб./га).

Прибыль от применения микроудобрений была выше в вариантах с применением Адоб Cu и совместным применением $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35} + \text{Басфолиар 36 экстра}$. В этих вариантах наблюдается и самая высокая удельная прибыль на единицу затрат.

Экономическая оценка применения микроудобрений на кукурузе в среднем за три года показала, что прибыль по вариантам колебалась от 7152,6 до 8172,1 тыс. руб./га (табл. 4).

Удельная прибыль на единицу затрат была выше в вариантах с совместным применением Адоб–Zn + ЭлеГум–Медь на фоне минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$ (1,66 руб./руб.).

ВЫВОДЫ

1. В среднем за 2011–2013 гг. некорневая подкормка посевов комплексными препаратами на основе микроэлементов и регуляторов роста МикроСил–Медь–Л и ЭлеГум–Медь и микроудобрением Адоб Cu повышала урожайность зерна озимой тритикале на фоне $N_{15}P_{60}K_{90} + N_{70} + N_{35}$ на 5,9, 5,3 и 6,6 ц/га, микроудобрением Басфолиар 36 экстра – на 6,9 ц/га. Применение Адоб Mn не способствовало повышению урожайности зерна озимой тритикале.

2. Наиболее экономически эффективным на озимой тритикале был вариант с применением на фоне минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{70}K_{120} + N_{70} + N_{40}$ микроудобрения Адоб Cu. В этом варианте наблюдается самая высокая прибыль от применения микроудобрений и удельная прибыль на единицу затрат.

3. Максимальная урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за три года 736 ц/га и окупаемость 1 кг NPK 198 кг зеленой массы были при совместном применении Адоб Zn и ЭлеГум–Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$.

2. Плодородие почв и применение удобрений

4. Наиболее экономически эффективным на кукурузе был вариант с применением на фоне минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{90} + N_{30}$ совместно Адобр Zn и ЭлеГум–Медь. В этом варианте наблюдается самая высокая прибыль от применения микроудобрений и удельная прибыль на единицу затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаренко, Е. Обзор рынка микроудобрений / Е. Гончаренко, А. Кордин, Д. Кутолей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fermer.ru/sovet/udobreniya/26226>.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
3. Лапа, В.В. Использование жидких удобрений Адобр, Басфолиар и Солибор ДФ в посевах зерновых культур, рапса и льна / В.В. Лапа, М.В. Рак // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 37.
4. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.
5. Микроэлементы, необходимые для развития растений // Садовник. – 2006. – № 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.newshouse.ru/page-id-244.html>.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – 2-е изд. испр. и доп. – Минск : Беларусская наука, 2013. – 476 с.
7. Организационно-экономическое обоснование дипломных работ: методические указания / БГСХА; сост. А.А. Галиевский, А.С. Тихоненко, Т.Л. Хроменкова. – Горки: БГСХА, 2006. – 56 с.
8. Пилюк, Я.Э. Некорневая подкормка озимого рапса удобрениями типа Басфолиар, Адобр и Солибор ДФ как метод повышения урожайности культуры / Э.Я. Пилюк, С.Г. Яковчик, В.В. Зеленяк // Белорусское сельское хозяйство. – № 9(77). – 2008. – С. 15–20.
9. Протасова, Н.А. Микроэлементы: биологическая роль, распределение в почвах, влияние на распространение заболеваний человека и животных / Н.А. Протасова // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 5. – С. 10–14.
10. Эффективность жидких удобрений МикроСтим при возделывании пропашных, овощных, плодово-ягодных культур на дерново-подзолистых почвах / М.В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1(48). – С. 109–116.
11. Эффективность микроудобрений ЭлеГум при возделывании озимой пшеницы и ячменя на дерново-подзолистых почвах / М.В. Рак [и др.] / Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 1(50). – С. 236–243.
12. Рубин, Б.А. Физиология сельскохозяйственных растений / Б.А. Рубин. – М.: МГУ, 1969. – Т. 5. – С. 205–217.

13.Что такое хелаты? [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://www.reacom.info/faq.html>.

14.Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник. – Л.: Наука, 1974. – С. 252.

INFLUENCE MICROFERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY CULTIVATION WINTER TRITICALE AND CORN ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

I.R. Vildflush, E.M. Masterova

Summary

For the first time on the sod-podzolic loam soils north-eastern part of Belarus studies on the effect of microfertilizers in chelate form Adob Cu, Adob Mn and Adob Zn, complex preparation containing macro and microelements Basfoliar 36 extra, and complex preparations containing chelated micronutrients and growth regulators MicroSil–Copper–L and EleGum–Copper on yield and economic efficiency of cultivation of winter triticale and corn have been conducted.

Поступила 22.04.14

УДК 631.445: 631.821.1

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПРОСА НА КИСЛОЙ ДЕГРАДИРОВАННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ И ФОРМ ИЗВЕСТКОВЫХ МЕЛИОРАНТОВ

Г.М. Сафроновская, Г.В. Пироговская

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Просо как кормовая культура наиболее адаптирована к почвенным, температурным и гидрологическим условиям деградированных торфяных почв республики. Культура имеет растянутый период сева, обладает высокой засухоустойчивостью, возделывается на зеленый корм и зерно. Просо можно возделывать на продовольственные цели на загрязненных радионуклидами землях с учетом проведения агротехнических защитных мероприятий. В последние годы в структуре посевов сельскохозяйственных культур посевные площади проса составляют около 13 тыс. га, преимущественно в южных районах республики. Средняя урожайность зерна проса приближается к 20 ц/га. Однако для полного

2. Плодородие почв и применение удобрений

удовлетворения собственных потребностей республики просо необходимо возделывать на площади 50–60 тыс. га [1, 2].

Для аграрной экономики проблема рационального использования деградированных торфяных почв имеет ключевое значение, поскольку их площади постоянно увеличиваются. По результатам 11 тура агрохимического обследования сельскохозяйственных земель республики, площади данных почв в регионах с их преобладанием составляли: в Брестской области – 82,3 тыс. га, в Гомельской – 53,9 тыс. га, в Минской – 37,8 тыс. га [3].

Основным приемом повышения плодородия всех типов почв республики является оптимизация их кислотности. В отличие от дерново-подзолистых, деградированные торфяные почвы слабо изучены с точки зрения нуждаемости их в известковании. Свойственная деградированым торфяным почвам природная неоднородность существенно отличает их от минеральных и торфяных почв. В настоящее время они известуются как торфяные почвы, для которых в Беларуси оптимальным принят интервал кислотности pH 5,0–5,3, а к нуждающимся в известковании отнесены почвы с pH менее 5,0. В республике были проведены единичные эксперименты по изучению эффективности известкования торфяных почв (Мееровский А.С., Тиво П.Ф., Хапкина З.А.), а эффективность известкования деградированных торфяных почв в современных условиях практически не изучалась [4, 5].

Для определения реальной нуждаемости деградированных торфяных почв в известковании, уточнения доз известковых мелиорантов, прогноза изменения их кислотности требуется изучение эффективности их известкования в современных условиях. По мере накопления экспериментальных данных нормативы затрат извести для сдвига реакции среды на 0,1 pH и нормативы окупаемости извести урожаем периодически обновляются.

В республике стандартным и универсальным мелиорантом на всех типах кислых почв является доломитовая мука. Однако в результате длительного периода ее применения на пахотных землях значительно увеличилось содержание обменного магния (свыше 300 мг/кг), что обусловило необходимость периодического использования мелиорантов, не содержащих магний в своем составе.

Кроме этого, из всех форм мелиорантов на сегодняшний день доломитовая мука является самой дорогостоящей. Примерно одинаковая агрономическая эффективность различных форм известковых мелиорантов позволяет проводить поддерживающее известкование кислых почв более дешевыми и быстродействующими формами мелиорантов, такими как дефекат, мел, карбонатный сапропель.

С целью решения экологических проблем и энергосбережения необходимо оценить агрономическую и экономическую эффективность применения на деградированных торфяных кислых почвах местных видов промышленных отходов в качестве мелиорантов – дефеката и фосфогипса отвального. Отход свекло-сахарного производства дефекат в настоящее время ежегодно используется в качестве известкового мелиоранта на кислых почвах на площади более 20 тыс. га. Использование отхода производства фосфорных удобрений на ОАО «Гомельский химический завод» фосфогипса отвального в чистом виде в качестве мелиоранта широко не практикуется. При этом имеют место результаты многочисленных опытов в разных странах по его положительному влиянию на продуктивность

культур и плодородие минеральных почв как в чистом виде, так и в смесях с другими мелиорантами [6–9].

В последнее время в республике увеличилась стоимость известкования 1 га доломитовой мукой (до 165 USD/га), вследствие чего объемы бюджетного финансирования на известкование кислых почв значительно сокращены. Одним из способов удешевления работ по известкованию и поддержанию плодородия почв является полная или частичная периодическая замена доломитовой муки более дешевыми в применении промышленными кальцийсодержащими отходами, накопление которых ежегодно увеличивается. Экономически целесообразным ранее считалось применение промышленных отходов на расстояние 50–60 км. В настоящее время в республике при продуктивности сельскохозяйственных культур на пашне около 45 ц/га к.ед. прибавка от 1 т CaCO_3 в севообороте в среднем составляет 0,73 ц/га к.ед.

Перспективы использования промышленных отходов в качестве мелиорантов в чистом виде и в смесях с доломитовой мукой в сельскохозяйственном производстве хотя и не вызывают сомнения, но требуют конкретизации доз, форм и соотношения в смесях для разных по составу почв и под различные культуры.

На деградированных торфяных кислых почвах актуальным является создание с помощью различных форм мелиорантов и удобрений таких агрохимических свойств, которые с экономической точки зрения максимально окупаются прибавкой урожая. В этой связи важно установление влияния известковых мелиорантов на химический состав и качество растениеводческой продукции для совершенствования технологии возделывания культур на деградированных торфяниках в направлении снижения ресурсоемкости и улучшения качества сельскохозяйственной продукции.

Цель наших исследований состояла в определении агрономической эффективности различных доз, форм и смесей мелиорантов в первый год действия на кислой деградированной торфянной почве при возделывании проса на зеленую массу и зерно.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В ОАО «Хотляны» Узденского района в двух последовательно открывавшихся полях в 2011 г. заложен полевой стационарный опыт по изучению эффективности известкования деградированной торфянной кислой почвы различными дозами, формами и смесями мелиорантов. Исследования проведены в звене севооборота: просо сорт Галинка (2011–2012 гг.), плюшко-овсяная смесь (на зеленую массу) с подсевом однолетнего райграса, кукуруза. Предшественник – многолетние злаковые травы.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед закладкой опыта следующая: pH 4,69–4,97; Нг – 17,5–30,5 смоль(+)/кг; содержание органического вещества в среднем – 25%, обменного кальция – 4570 мг/кг, обменного магния – 340 мг/кг, подвижных форм фосфора и калия – 275 и 290 мг/кг, обменно-го марганца – 15,2 мг/кг, подвижных форм меди и цинка – 4,6 и 9,2 мг/кг.

В опыте с просом изучалось действие различных доз (2,0, 4,0 и 6,0 т/га CaCO_3) и форм известковых мелиорантов: доломитовой муки – ГОСТ 14050–93,

2. Плодородие почв и применение удобрений

дефеката свекловичного и дефеката сырца – ТУ РБ 37602662.630–99, фосфогипса отвального – ТУ РБ 400069905.024–2004 и мелиоранта на основе фосфогипса марки Ф – ТУ РБ 00203714.014–2000, а также смесей доломитовой муки с фосфогипсом отвальным или мелиорантом на основе фосфогипса в различных соотношениях физического веса (смеси 1–4), смесей дефеката с доломитовой мукой на производительную способность и агрохимические свойства деградированной торфяной почвы. Известкование почвы поля 1 и 2 проведено соответственно весной и осенью 2011 г. под культивацию.

Повторность вариантов опыта – 4-кратная. Площадь делянки – 50 м² (5x10), учетная площадь – 40 м².

Схема опыта

1. Контроль без удобрений
2. N₆₀₊₃₀ P₆₀ K₁₅₀ – фон
3 блока с дозами извести – 2,0, 4,0 и 6,0 т/га CaCO₃
3. Фон + доломитовая мука
4. Фон + дефекат свекловичный
 - 4а. Фон + дефекат свекловичный 50% с доломитовой мукой 50%
 - 4б. Фон + дефекат сырец
 - 4в. Фон + дефекат сырец 50% с доломитовой мукой 50%
5. Фон + фосфогипс отвальный
6. Фон + смесь 1 (доломитовая мука 25% с фосфогипсом отвальным 75%)
7. Фон + смесь 2 (доломитовая мука 50% с фосфогипсом отвальным 50%)
8. Фон + смесь 3 (доломитовая мука 75% с фосфогипсом отвальным 25%)
9. Фон + смесь 4 (доломитовая мука 50% с мелиорантом на основе фосфогипса 50%)

Основные характеристики мелиорантов: доломитовая мука с содержанием 100% д.в. в пересчете на CaCO₃ и влажностью менее 1%; дефекат – 85,8% CaCO₃ и влажностью 23–29%; мелиорант на основе фосфогипса – 76% CaSO₄·2H₂O, P₂O₅ – не более 1,5%, фтор – не более 0,3%, влажность – не более 30%; фосфогипс отвальный – 76% CaSO₄·2H₂O, P₂O₅ – не более 0,25%, фтор – не более 0,2%, влажность – не более 20%.

В пересчете на физический вес исследуемые уровни доз мелиорантов (2,0, 4,0 и 6,0 т/га CaCO₃) соответственно составляли: доломитовая мука – 2,1, 4,2 и 6,3 т/га; дефекат – 2,6, 5,3 и 7,9 т/га; фосфогипс отвальный – 4,94, 9,88 и 14,8 т/га, смесь 1 – 2,6, 5,1 и 7,6 т/га, смесь 2 – 3,2, 6,4 и 9,6 т/га, смесь 3 – 4,1, 8,2 и 12,3 т/га, смесь 4 – 3,2, 6,5 и 9,7 т/га; смесь доломитовой муки с дефекатом – от 2,6, 5,2 и 7,8 т/га.

Минеральные удобрения под просо внесены в дозах $N_{60+30}P_{60}K_{150}$ кг/га под предпосевную культивацию. Сев проса Галинка проведен в середине мая нормой высева 3 млн/га всхожих семян, всходы проса обработаны гербицидом Секатор турбо (0,1 кг/га), в фазу начала трубкования – подкормка мочевиной из расчета 30 кг/га азота. Осуществлен поделяночный учет урожайности проса на зеленую массу и зерно.

Лабораторные анализы проводили по следующим методикам и ГОСТам. Деградированная торфяная почва анализировались по методам, предназначенным для торфяных почв. Остаточное количество органического вещества – методом определения зольности торфа по ГОСТ 11306–83; обменная кислотность (pH_{KCl}) – потенциометрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26483–85); гидролитическая кислотность (Hg) – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 261212–84); содержание подвижного фосфора и калия – по методу Кирсанова в 0,2 М HCl в модификации ЦИНАО с последующим определением подвижного фосфора на фотоэлектроколориметре, калия – на пламенном фотометре (ГОСТ 26207 – 91); обменный кальций и магний – из вытяжки 1 М KCl методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26487–85).

В растительных образцах проса определяли общий азот, фосфор, калий, кальций, магний из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот и фосфор – на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26657 – 97), калий – пламенно-фотометрическим методом; кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Аминокислотный состав зерна проса – методом жидкостной хроматографии на компьютеризированном приборе «HP Agilent 1100 Series».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Просо не выносит очень кислых почв, поэтому для его возделывания рекомендован уровень pH 5,5–6,5 и обеспеченность подвижным калием и фосфором не менее 150 мг/кг почвы. В наших исследованиях в среднем за 2 года установлено, что известкование деградированной торфяной кислой почвы различными дозами, формами и смесями мелиорантов положительно влияло на урожайность зеленой массы и зерна культуры (табл. 1, 2). В первый год действия извести достоверный прирост урожайности зеленой массы проса получен практически от всех форм мелиорантов и их смесей в дозах внесения $CaCO_3$ 2,0 и 4,0 т/га. На блоке с внесением мелиорантов в дозе 2,0 т/га $CaCO_3$ прибавка зеленой массы составила 15–34 ц/га при окупаемости 1 т $CaCO_3$ 7,5–17,0 ц/га. Наибольшие прибавки зеленой массы проса в первый год действия обеспечил дефекат в дозе внесения 2,0 т/га $CaCO_3$ – 31–34 ц/га с окупаемостью 1 т $CaCO_3$ 15,5–17,0 ц/га зеленой массы.

На блоке с использованием мелиорантов в дозе 4,0 т/га $CaCO_3$ урожайность зеленой массы культуры увеличилась на 16–23 ц/га при окупаемости 1 т $CaCO_3$ 4,0–5,8 ц/га.

Фосфогипс отвальный в целом положительно влиял на урожайность зеленой массы проса во всех дозах применения, обеспечивая лишь тенденцию ее роста. Внесение доломитовой муки с фосфогипсом отвальным в смесях в различных соотношениях физического веса в дозе $CaCO_3$ 2,0 т/га повышало

2. Плодородие почв и применение удобрений

урожайность зеленой массы проса на 15–19 ц/га при окупаемости 1 т CaCO₃ 7,5–9,5 ц/га. Увеличение доз данных мелиорантов в смесях до 4,0 т/га CaCO₃ способствовало росту урожайности проса до 13–22 ц/га зеленой массы при окупаемости 1 т CaCO₃ 4,3–5,5 ц/га зеленой массы.

При увеличении дозы CaCO₃ до 6,0 т/га в большинстве вариантов опыта отмечалась лишь тенденция роста урожайности зеленой массы проса. На этом уровне доз внесения извести только доломитовая мука и ее смесь с дефекатом обеспечили достоверный ее прирост соответственно на 17 ц/га и 11 ц/га с более низкой окупаемостью 1 т CaCO₃ на уровне 2,8 и 1,8 ц/га зеленой массы.

Наибольшее влияние на урожайность зерна проса в первый год действия оказали мелиоранты в дозе внесения 4,0 т/га CaCO₃, обеспечив достоверный прирост зерна 3,0–4,0 ц/га с окупаемостью 1 т CaCO₃ 0,7 и 1,0 ц/га зерна (табл. 2). Достоверные прибавки зерна от доз мелиорантов 2,0 т/га CaCO₃ несколько ниже – 2,2–3,0 ц/га при более высокой окупаемости 1 т CaCO₃, составляющей 1,1–1,5 ц/га зерна.

При этом доломитовая мука в дозах внесения 2,0, 4,0 и 6,0 т/га CaCO₃ достоверно повышала урожайность зерна проса соответственно на 2,5, 3,7 и 3,6 ц/га. Прибавки зерна от фосфогипса в дозах 2,0 и 4,0 т/га CaCO₃ составляли 2,2 и 4,0 ц/га, прирост зерна от дефеката и его смесей с доломитовой мукой – от 2,3 до 3,6 ц/га. Урожайность зерна проса от отдельных смесей доломитовой муки с фосфогипсом в дозах внесения 2,0–4,0 т/га CaCO₃ повышалась от 3,0 до 3,8 ц/га.

Масса 1000 зерен проса по годам и вариантам опыта изменялась в широких пределах – от 5,9 до 7,8 г, однако закономерного влияния известковых мелиорантов на данный показатель не установлено.

Таблица 1

Урожайность зеленой массы проса при известковании
кислой деградированной торфянной почвы различными дозами,
формами и смесями мелиорантов

Вариант	Урожайность зеленой массы проса, ц/га			Прибавка зеленой массы, ц/га	Прибавка на 1 т CaCO ₃ , ц/га
	2011 г.	2012 г.	средняя		
1. Контроль	114	151	133	–	–
2. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	146	247	197	64	–
2,0 т/га CaCO ₃					
3. Фон + доломитовая мука	150	278	214	17	8,5
4. Фон + дефекат свекловичный	153	308	231	34	17,0

Продолжение табл. 1

Вариант	Урожайность зеленой массы проса, ц/га			Прибавка зеленой массы, ц/га	Прибавка на 1 т CaCO ₃ , ц/га
	2011 г.	2012 г.	средняя		
4а. Фон + дефекат свекловичный + доломитовая мука	148	305	227	30	15,0
4б. Фон + дефекат сырец	152	303	228	31	15,5
4в. Фон + дефекат сырец + доломитовая мука	149	307	228	31	15,5
5. Фон + фосфогипс	155	250	203	6	3,0
6. Фон + смесь 1	156	275	216	19	9,5
7. Фон + смесь 2	155	276	216	19	9,5
8. Фон + смесь 3	154	270	212	15	7,5
9. Фон + смесь 4	156	268	212	15	7,5
HCP ₀₅ варианты	6,0	23,7		12,5	
4,0 т/га CaCO₃					
3. Фон + доломитовая мука	153	280	217	20	5,0
4. Фон + дефекат свекловичный	152	288	220	23	5,8
4а. Фон + дефекат свекловичный + доломитовая мука	152	284	218	21	5,3
4б. Фон + дефекат сырец	153	286	220	23	5,8
4в. Фон + дефекат сырец + доломитовая мука	151	283	217	20	5,0
5. Фон + фосфогипс	157	260	209	12	3,0
6. Фон + смесь 1	159	271	215	18	4,5
7. Фон + смесь 2	155	270	213	16	4,0
8. Фон + смесь 3	157	281	219	22	5,5
9. Фон + смесь 4	156	264	210	13	4,3
HCP ₀₅ варианты	5,5	23,6		12,2	

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 1

Вариант	Урожайность зеленой массы проса, ц/га			Прибавка зеленой массы, ц/га	Прибавка на 1 т CaCO ₃ , ц/га
	2011 г.	2012 г.	средняя		
6,0 т/га CaCO₃					
3. Фон + доломитовая мука	151	277	214	17	2,8
4. Фон + дефекат свекловичный	153	254	204	7	1,2
4а. Фон + дефекат свекловичный + доломитовая мука	154	260	207	10	1,7
4б. Фон + дефекат сырец	153	258	206	9	1,5
4в. Фон + дефекат сырец + доломитовая мука	154	261	208	11	1,8
5. Фон + фосфогипс	151	261	206	9	1,5
6. Фон + смесь 1	154	256	205	8	1,3
7. Фон + смесь 2	151	251	201	4	0,7
8. Фон + смесь 3	153	257	205	8	1,3
9. Фон + смесь 4	151	257	204	7	1,2
HCP ₀₅ варианты	4,3	20,0		10,2	
HCP ₀₅ уровни доз извести	3,1	9,6		5,2	

Таблица 2

Урожайность зерна проса при известковании кислой деградированной торфяной почвы различными дозами, формами и смесями мелиорантов

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка на 1 т CaCO ₃ , ц/га	Масса 1000 зерен, г	
	2011 г.	2012 г.	средняя		2011 г.	2012 г.
1. Контроль	13,6	22,0	17,8	–	–	6,5
2. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	16,4	27,5	22,0	4,2	–	7,0

Продолжение табл. 2

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка, ц/га	Прибавка на 1 т CaCO ₃ , ц/га	Масса 1000 зерен, г	
	2011 г.	2012 г.	средняя			2011 г.	2012 г.
2,0 т/га CaCO₃							
3. Фон + доломитовая мука	19,5	31,4	24,5	2,5	1,3	6,6	6,1
4. Фон + дефекат свекловичный	18,1	30,5	24,3	2,3	1,2	6,1	6,1
4а. Фон + дефекат свекловичный + доломитовая мука	17,9	29,7	23,8	1,8	0,9	6,3	6,1
4б. Фон + дефекат сырец	18,3	29,9	24,1	2,1	1,1	6,0	6,2
4в. Фон + дефекат сырец + доломитовая мука	18,8	31,0	24,9	2,9	1,5	6,5	6,3
5. Фон + фосфогипс	19,8	28,9	24,4	2,2	1,1	7,8	6,2
6. Фон + смесь 1	21,0	29,1	25,0	3,0	1,5	6,6	6,2
7. Фон + смесь 2	16,7	28,9	23,8	1,8	0,9	6,3	6,9
8. Фон + смесь 3	17,3	29,2	23,3	1,3	0,7	7,1	6,1
9. Фон + смесь 4	21,0	29,0	25,0	3,0	1,5	6,0	6,0
HCP ₀₅ варианты	2,86	3,02		2,15			
4,0 т/га CaCO₃							
3. Фон + доломитовая мука	20,9	32,4	25,7	3,7	0,9	6,6	5,7
4. Фон + дефекат свекловичный	19,2	31,1	25,2	3,2	0,8	7,6	6,1
4а. Фон + дефекат свекловичный + доломитовая мука	19,0	32,2	25,6	3,6	0,9	6,9	6,2
4б. Фон + дефекат сырец	18,6	30,2	24,4	2,4	0,6	6,5	6,0
4в. Фон + дефекат сырец + доломитовая мука	18,5	30,3	24,4	2,4	0,6	6,4	6,2
5. Фон + фосфогипс	22,5	29,6	26,0	4,0	1,0	6,3	6,1

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 2

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка, ц/га	Прибавка на 1 т CaCO ₃ , ц/га	Масса 1000 зерен, г	
	2011 г.	2012 г.	средняя			2011 г.	2012 г.
6. Фон + смесь 1	20,8	29,7	25,3	3,3	0,8	6,9	6,2
7. Фон + смесь 2	19,5	32,1	25,8	3,8	0,9	7,2	6,2
8. Фон + смесь 3	20,7	29,3	25,0	3,0	0,7	6,7	6,1
9. Фон + смесь 4	19,0	30,2	24,6	2,6	0,6	6,8	5,9
HCP ₀₅ варианты	2,80	4,60		2,71			
6,0 т/га CaCO₃							
3. Фон + доломитовая мука	20,7	30,4	25,6	3,6	0,6	6,5	5,9
4. Фон + дефекат свекловичный	19,5	29,2	24,4	2,2	0,3	6,5	6,2
4а. Фон + дефекат свекловичный + доломитовая мука	18,7	30,1	24,4	2,4	0,4	6,3	6,1
4б. Фон + дефекат сырец	19,1	28,8	24,0	2,0	0,3	6,6	6,3
4в. Фон + дефекат сырец + доломитовая мука	18,0	29,5	23,8	1,8	0,3	7,0	6,1
5. Фон + фосфогипс	19,0	27,9	23,5	1,5	0,2	6,7	6,3
6. Фон + смесь 1	21,4	28,0	24,7	2,7	0,5	6,3	6,1
7. Фон + смесь 2	19,7	29,5	24,6	2,6	0,4	6,6	6,0
8. Фон + смесь 3	18,1	30,4	24,3	2,3	0,4	7,0	6,7
9. Фон + смесь 4	18,8	28,4	23,6	1,6	0,2	6,8	6,4
HCP ₀₅ варианты	2,85	4,32		2,78		0,86	0,50
HCP ₀₅ уровни доз извести	1,53	2,33		1,81			

Изучение химического состава зеленой массы и зерна проса, возделываемого на известкованной деградированной торфяной кислой почве, показало, что различия в содержании основных элементов питания в сухой массе растениеводческой продукции в большей мере обусловлены биологическими

особенностями культуры, условиями вегетации по годам и в некоторой мере применением минеральных удобрений и мелиорантов (табл. 3 и 4).

В наших исследованиях зеленая масса и зерно проса в основном различались содержанием калия, а по количеству азота, фосфора, кальция и магния в сухом веществе они были близки. В зеленой массе проса содержание общего азота по вариантам опыта в 2011 г. составляло 2,66–3,22%, в 2012 г. – 2,0–3,93% сухого вещества, а в зерне – 1,96–2,66% и 1,67–3,13% соответственно. Наиболее значительно по годам изменялось содержание фосфора в зеленой массе и зерне проса, что в основном вызвано разными сроками внесения извести под культуру по годам (весна и осень) в совокупности с различием в погодных условиях вегетационных периодов. В сухой массе проса количество фосфора по вариантам в 2011 г. (известкование проведено весной перед севом) находилось на уровне 0,40–0,81%, а в 2012 г. (известкование проведено с осени 2011 г.) увеличилось до 1,06–1,84%. В зерне проса количество фосфора в 2011 г. составляло 0,46–1,05%, а в 2012 г. увеличилось до 1,19–1,53% сухого вещества.

Содержание калия в сухой массе проса за 2011 г. и 2012 г. изменялось незначительно и соответственно составляло 2,69–5,40% и 3,01–4,34%, где минимальные значения элемента отмечались в вариантах без внесения удобрений. В зерне проса содержание калия по годам изменялось в пределах – 0,40–0,50% и 0,38–0,70% сухой массы.

В зеленой массе проса количество кальция по вариантам опыта в 2011 г. и 2012 г. составляло соответственно 0,16–0,36% и 0,31–0,63%, в зерне оно было ниже – 0,04–0,14% и 0,09–0,32% сухой массы. Магния в зеленой массе проса в годы исследований содержалось 0,22–1,15% и 0,25–0,44%, а в зерне – 0,09–0,70% и 0,12–0,20%.

Таблица 3

**Содержание основных элементов питания в зеленой массе проса
при известковании кислой деградированной торфяной почвы
различными дозами, формами мелиорантов и их смесями**

Вариант	N _{общ.}		P ₂ O ₅		K ₂ O		Ca		Mg	
	% сухого вещества									
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
1. Контроль	2,94	3,40	0,53	1,55	2,69	3,01	0,19	0,38	0,24	0,27
2. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₅₀ – фон	2,94	3,93	0,44	1,56	3,42	4,05	0,18	0,39	0,22	0,25
2,0 т/га CaCO ₃										
3. Фон + доломитовая мука	3,08	2,29	0,49	1,36	3,22	3,06	0,16	0,40	0,30	0,37

2. Плодородие почв и применение удобрений

Продолжение табл. 3

Вариант	N _{общ.}		P ₂ O ₅		K ₂ O		Ca		Mg	
	% сухого вещества									
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
4. Фон + дефекат	3,22	2,05	0,81	1,52	4,70	3,93	0,32	0,42	0,98	0,41
5. Фон + фосфогипс	2,80	3,40	0,40	1,60	3,29	3,94	0,18	0,60	0,22	0,34
6. Фон + смесь 1	2,73	3,39	0,66	1,73	4,50	4,29	0,28	0,54	0,98	0,32
7. Фон + смесь 2	3,22	2,00	0,81	1,39	4,50	3,89	0,31	0,40	0,97	0,25
8. Фон + смесь 3	2,80	3,40	0,69	1,57	4,50	4,02	0,27	0,43	0,98	0,40
9. Фон + смесь 4	2,80	3,40	0,75	1,40	5,05	3,41	0,35	0,34	1,08	0,44
4,0 т/га CaCO₃										
3. Фон + доломитовая мука	2,87	3,40	0,45	1,84	3,39	3,64	0,17	0,46	0,42	0,48
4. Фон + дефекат	3,08	2,87	0,79	1,68	5,40	4,26	0,34	0,40	1,02	0,34
5. Фон + фосфогипс	2,94	3,27	0,56	1,50	3,20	4,26	0,18	0,50	0,24	0,33
6. Фон + смесь 1	2,80	2,53	0,75	1,63	2,95	3,88	0,31	0,43	1,08	0,30
7. Фон + смесь 2	3,15	3,33	0,76	1,50	3,25	4,33	0,31	0,50	1,03	0,33
8. Фон + смесь 3	2,66	2,47	0,73	1,60	3,80	3,88	0,29	0,47	1,03	0,35
9. Фон + смесь 4	3,01	2,27	0,46	1,32	3,80	4,32	0,17	0,31	0,23	0,30
6,0 т/га CaCO₃										
3. Фон + доломитовая мука	2,66	3,07	0,73	1,66	3,45	4,09	0,16	0,37	1,05	0,33
4. Фон + дефекат	2,94	3,00	0,76	1,33	4,20	4,21	0,32	0,63	1,05	0,29
5. Фон + фосфогипс	2,87	2,53	0,75	1,06	3,25	4,17	0,32	0,42	1,07	0,25
6. Фон + смесь 1	2,80	2,07	0,74	1,36	4,60	4,34	0,34	0,40	1,15	0,28
7. Фон + смесь 2	3,15	2,53	0,75	1,39	3,50	4,05	0,36	0,35	1,08	0,32

Окончание табл. 3

Вариант	$N_{общ.}$	P_2O_5		K_2O		Ca		Mg		
	% сухого вещества									
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
8. Фон + смесь 3	2,66	3,13	0,76	1,44	3,00	4,16	0,32	0,30	0,57	0,28
9. Фон + смесь 4	2,80	3,39	0,71	1,66	4,20	3,77	0,25	0,40	0,97	0,32
HCP ₀₅ варианты	0,18	0,25	0,21	0,19	1,01	0,43	0,07	0,06	0,56	0,03
HCP ₀₅ уровни доз извести	0,10	0,14	0,12	0,08	0,5	0,21	0,04	0,03	0,03	0,01

Таблица 4
Содержание основных элементов питания в зерне проса при известковании кислой деградированной торфяной почвы различными дозами, формами мелиорантов и их смесями

Вариант	$N_{общ.}$	P_2O_5		K_2O		Ca		Mg		
	% сухого вещества									
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
1. Контроль	1,96	2,71	0,75	1,50	0,47	0,49	0,05	0,16	0,11	0,18
2. $N_{60+30} P_{60} K_{150}$ – фон	2,10	2,01	0,79	1,40	0,48	0,41	0,05	0,13	0,12	0,14
2,0 т/га $CaCO_3$										
3. Фон + доломитовая мука	2,52	2,93	0,82	1,48	0,45	0,44	0,05	0,32	0,15	0,18
4. Фон + дефекат	2,17	3,00	1,0	1,53	0,43	0,44	0,08	0,18	0,67	0,17
5. Фон + фосфогипс	2,45	1,67	0,76	1,48	0,40	0,54	0,05	0,16	0,10	0,17
6. Фон + смесь 1	2,17	3,13	0,99	1,48	0,44	0,42	0,10	0,15	0,67	0,14
7. Фон + смесь 2	2,17	2,27	0,97	1,53	0,43	0,48	0,10	0,13	0,67	0,16
8. Фон + смесь 3	2,17	2,20	1,05	1,43	0,50	0,52	0,13	0,14	0,70	0,13

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 4

Вариант	N _{общ.}		P ₂ O ₅		K ₂ O		Ca		Mg	
	% сухого вещества									
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
9. Фон + смесь 4	2,38	2,20	0,84	1,46	0,45	0,47	0,05	0,12	0,11	0,15
4,0 т/га CaCO₃										
3. Фон + доломитовая мука	2,24	1,87	0,91	1,40	0,49	0,42	0,04	0,14	0,14	0,16
4. Фон + дефекат	1,96	2,67	1,04	1,51	0,48	0,42	0,11	0,12	0,69	0,15
5. Фон + фосфогипс	2,24	2,40	0,57	1,48	0,46	0,46	0,05	0,19	0,11	0,17
6. Фон + смесь 1	2,17	1,67	1,04	1,34	0,45	0,54	0,08	0,16	0,70	0,14
7. Фон + смесь 2	2,17	2,53	0,96	1,44	0,41	0,44	0,13	0,20	0,70	0,13
8. Фон + смесь 3	1,96	2,40	1,05	1,42	0,47	0,45	0,10	0,16	0,70	0,15
9. Фон + смесь 4	2,66	2,33	0,78	1,45	0,41	0,43	0,04	0,18	0,10	0,13
6,0 т/га CaCO₃										
3. Фон + доломитовая мука	2,17	2,93	0,79	1,36	0,44	0,46	0,04	0,10	0,15	0,14
4. Фон + дефекат	2,03	1,87	0,94	1,19	0,45	0,58	0,10	0,11	0,65	0,15
5. Фон + фосфогипс	2,17	2,45	0,79	1,32	0,45	0,38	0,04	0,09	0,09	0,12
6. Фон + смесь 1	2,10	2,07	0,99	1,37	0,45	0,54	0,14	0,21	0,68	0,14
7. Фон + смесь 2	2,03	2,73	0,92	1,38	0,41	0,70	0,14	0,21	0,68	0,20
8. Фон + смесь 3	1,96	2,60	0,92	1,36	0,44	0,49	0,10	0,16	0,65	0,18
9. Фон + смесь 4	2,03	2,53	0,46	1,38	0,42	0,45	0,04	0,18	0,10	0,15
HCP ₀₅ варианты	0,24	0,26	0,17	0,16	0,04	0,05	0,04	0,03	0,08	0,04
HCP ₀₅ уровни доз известки	0,13	0,14	0,08	0,50	0,02	0,02	0,02	0,017	0,04	0,02

Таблица 5

Содержание аминокислот в зерне проса при известковании кислотой деградированной торфяной почвы различными дозами и формами мелиорантов и их смесями

Вариант	Критические аминокислоты		Незаменимые аминокислоты			Сумма критических аминокислот		Сумма незаменимых аминокислот	
	треонин	метионин	фенилаланин	изолейцин	лейцин	валин	аланин	2012	2011
2,0 т/га CaCO_3									
1. Контроль	3,13	2,48	1,66	1,83	4,45	4,82	3,80	4,00	9,65
2. $\text{N}_{60+30}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$ – фон	3,09	2,41	1,59	1,82	4,04	4,61	3,52	4,03	9,15
3. ФОН + доломитовая мука	3,11	2,99	1,67	2,13	4,44	5,04	3,78	4,27	9,93
4. ФОН + дефекат	2,89	2,59	1,55	1,95	4,12	5,03	3,55	4,05	9,73
5. ФОН + фосфоритпс	2,82	2,65	1,68	1,90	4,49	5,08	3,87	4,00	10,13
4,0 т/га CaCO_3									
3. ФОН + доломитовая мука	2,85	2,64	1,68	1,87	4,59	5,09	3,97	3,98	9,83
4. ФОН + дефекат	3,15	2,46	1,80	1,71	5,51	4,53	4,71	3,66	12,44
5. ФОН + фосфоритпс	2,83	2,44	1,74	1,76	4,45	4,44	3,45	3,72	9,65
6,0 т/га CaCO_3									
3. ФОН + доломитовая мука	2,59	3,17	1,73	2,14	4,95	4,95	3,65	4,20	8,74
4. ФОН + дефекат	2,55	2,63	1,55	1,95	4,58	5,18	3,64	4,17	8,29
5. ФОН + фосфоритпс	2,58	2,90	1,77	2,04	4,53	5,07	3,97	4,15	9,66
НCP ₆₅	0,28	0,23	0,26	0,15	0,37	0,38	0,32	0,30	0,73

2. Плодородие почв и применение удобрений

Питательная ценность зерна проса зависит от аминокислотного состава белка, поскольку недостаточное количество критических и незаменимых аминокислот в пище вызывает нарушения деятельности организма. Действие извести на деградированной торфяной кислой почве на сумму критических и незаменимых аминокислот в зерне проса по годам исследований несколько различалось, что в основном вызвано разными сроками ее внесения под культуру (табл. 5). В 2011 г. известь применяли весной незадолго до посева проса, поэтому ее положительное действие на содержание аминокислот в зерне проявилось менее значительно. В этот год только дефекат, обладая быстрой нейтрализующей способностью, в дозе 4,0 т/га CaCO_3 увеличивал сумму критических и незаменимых аминокислот в зерне соответственно на 0,27 и 6,44 г/кг в сравнении с фоном, а с повышением дозы CaCO_3 до 6,0 т/га происходило снижение содержания указанных аминокислот на 0,58 и 0,32 г/кг зерна.

Под урожай проса 2012 г. известкование почвы проведено с осени, поэтому действие мелиорантов на содержание аминокислот в зерне было более значительным. В этот год сумма критических и незаменимых аминокислот на фоне с 2,0 т/га CaCO_3 повышалась соответственно на 0,31–0,92 и 1,69–3,13 г/кг зерна относительно фона с минеральными удобрениями. На фоне с 4,0 т/га CaCO_3 только доломитовая мука способствовала росту суммы критических и незаменимых аминокислот в зерне на 0,28 и 1,76 г/кг. С увеличением доз CaCO_3 до 6,0 т/га сумма критических и незаменимых аминокислот от всех форм мелиорантов повышалась на 0,71–1,08 и 2,16–3,23 г/кг. При сравнении действия форм мелиорантов на указанные качественные показатели зерна проса преимущество имела доломитовая мука.

ВЫВОДЫ

1. Известкование кислой деградированной торфяной почвы различными дозами извести (CaCO_3) в форме доломитовой муки, дефеката, фосфогипса и смесей данных мелиорантов в разных сочетаниях в первый год действия в целом положительно влияло на урожайность и качество зеленой массы и зерна проса. При этом максимальный прирост урожайности зеленой массы культуры получен практически от всех форм мелиорантов и их смесей в дозах внесения CaCO_3 2,0 т/га – 15–34 ц/га при окупаемости 1 т CaCO_3 7,5–17,0 ц/га зеленой массы, а наибольшие прибавки обеспечил дефекат – 31–34 ц/га при окупаемости 1 т CaCO_3 15,5–17,0 ц/га зеленой массы.

2. На урожайность зерна проса наиболее значительное действие оказали мелиоранты в дозе внесения 4,0 т/га CaCO_3 , обеспечив прирост 3,0–4,0 ц/га зерна при окупаемости 1 т CaCO_3 0,6–1,0 ц/га зерна. Доломитовая мука в дозах внесения 2,0, 4,0 и 6,0 т/га CaCO_3 повышала урожайность зерна проса соответственно на 2,5, 3,7 и 3,6 ц/га. Прибавки зерна от фосфогипса в дозах 2,0 и 4,0 т/га CaCO_3 составляли 2,2 и 4,0 ц/га, а прирост зерна от дефеката и его смесей с доломитовой мукой – от 2,3 до 3,6 ц/га. Урожайность зерна проса от отдельных смесей доломитовой муки с фосфогипсом в дозах внесения 2,0–4,0 т/га CaCO_3 повышалась от 3,0 до 3,8 ц/га.

3. Известковые мелиоранты в целом положительно влияли на химический состав проса и содержание в зерне суммы критических и незаменимых аминокислот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Достижение устойчивой продуктивности кормовых культур на деградированных торфяно-песчаных почвенных комплексах Полесья: рекомендации / П.И. Бурдук [и др.]; НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Ин-т мелиорации. – Минск, 2007. – 20 с.
2. Рекомендации по возделыванию проса на продовольственные цели на дерново-подзолистых супесчаных почвах в условиях радиоактивного загрязнения / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 32 с.
3. Сафоновская, Г.М. Агрохимические показатели деградированных торфяных почв по данным крупномасштабного агрохимического обследования / Г.М. Сафоновская, Г.В. Пироговская, И.А. Царук // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 249–260.
4. Инструкция о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 30 с.
5. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси: монография / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: БГУ, 2003. – С. 43–48.
6. Окорков, В.В. Основы химической мелиорации кислых почв / В.В. Окорков, Н.П. Конов; Российская академия с.-х. наук, ГНУ «Владимирский ИИСХ» Россельхозакадемии. – Владимир, 2008. – 248 с.
7. Аршавская, В.Ф. Использование фосфогипса на почвах с повышенной кислотностью / В.Ф. Аршавская, В.И. Бойков, Т.И Савченко. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1992. – 48 с.
8. Farina, P. Acid-subsoil amelioration II. Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties / P. Farina, P. Channon // Soil Science Society of American Journal. – № 52. – Р. 175–180.
9. Шкель, М.П. Влияние фосфогипса на эффективность известкования, продуктивность севооборота и изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы / М.П. Шкель // Агрохимия. – 1991. – № 2. – С. 71–77.

YIELD AND QUALITY MILLET ON SOUR DESTROYED PEAT SOIL IN DEPENDING ON DOSES AND FORMS OF CALCAREOUS MELIORATES

G.M. Safronovskaya, G.V. Pirogovskaya

Summary

In field stationary experience the influence of various doses, forms and meliorate mixes on millet cultivated on sour destroyed peat soil is investigated. It is established, that per the first year the action calcareous meliorates positively influenced productivity and quality of crops. On a productivity gain of green weight millet the greatest influence have rendered meliorates in a dose 2,0 t/ha CaCO_3 , in particular,

2. Плодородие почв и применение удобрений

defecat (15–34 c/ha with cost 1 t CaCO₃ 7,5–17,0 c/ha), and the maximal a productivity gain of grain millet is received from dose meliorates 4,0 t/ha CaCO₃ (3,0–4,0 c/ha of a grain with cost 1 t CaCO₃ 0,6–1,0 c/ha of a grain).

Поступила 10.02.14

УДК 631.8.022.3:633.367:631.559

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ И СЕМЯН ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТНЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ И РЫХЛОСУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

В.И. Сороко, Г.В. Пироговская, С.С. Хмелевский, О.И. Исаева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Значение люпина узколистного в земледелии обусловлено многими факторами: он не требует большого количества удобрений, при соблюдении технологической дисциплины обеспечивает высокие урожаи зеленой массы и семян и широко используется в кормопроизводстве [1, 2, 3]. При использовании семян зернобобовых культур на кормовые цели наибольшую прибыль обеспечивал люпин узколистный – 496,5 дол. USD/га [4]. В Беларуси в последние годы посевные площади под люпином узколистным колеблются в пределах 32–40 тыс. га при средней урожайности в сельскохозяйственных предприятиях 15,3–22,8 ц/га. Оптимальные посевные площади люпина в республике к 2015 г. должны возрасти до 130 тыс. га при общей потребности в зернобобовых культурах 375 тыс. га [5]. Перспектива увеличения посевных площадей, создание новых отечественных высокопродуктивных сортов, с повышенной потребностью к обеспеченности всеми элементами питания, предполагает разработку и внедрение в производство новых эффективных приемов, обеспечивающих повышение урожайности и качественных показателей люпина узколистного, в том числе применение микроэлементов [6]. Недостаточное потребление микроэлементов растениями сдерживает рост урожайности и оказывает негативное действие на качество корма. Так, дефицит кобальта в травяных кормах составляет 70–80%, марганца – 10–20%, молибдена – 60–65% [7, 8, 9]. Дефицит бора в кормах обусловлен недостатком его в 50% почв нечерноземной зоны, а кобальта, марганца и молибдена – в 73, 72 и 55% почв соответственно [8].

Необходимость применения микроэлементов под люпин узколистный обусловлена его биологическими особенностями. По сравнению с зерновыми

культурами вегетативные органы и семена люпина содержат более высокое количество микроэлементов, особенно марганца, бора и молибдена. При недостатке необходимых микроэлементов снижается урожайность и устойчивость к болезням. Например, острый недостаток марганца вызывает сплит семян (расщепление оболочек), вегетативное израстание и угнетение генеративной сферы [6]. Установлено также, что бобовые растения содержат от 0,024 до 0,052 мг % кобальта, тогда как злаковые только 0,008–0,026 мг % [8], что свидетельствует о высокой потребности бобовых культур в кобальте.

Последние исследования показали, что под бобовые эффективно применение как одного из необходимых микроэлементов, так и нескольких. Перспективным направлением при использовании микроудобрений является применение их в составе комплексных многокомпонентных удобрений, содержащих необходимые растениям микроэлементы в хелатной форме (Zn, Си, В, Mo, Co, Mn). Микроэлементы в виде солей и комплексонатов используются также для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок [10, 11, 12].

В наших исследованиях изучалось влияние комплексных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество зеленой массы и семян люпина узколистного при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния системы удобрения на продуктивность и качество зеленой массы и семян люпина узколистного проводились в 2011–2012 гг. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,35 м рыхлым песком, почве в КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области и на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в СПК «Щемыслица» (2011 г.) и ОАО «Гастелловское» (2012 г.) Минского района Минской области.

Повторность вариантов в опытах – 4-кратная. В 2011 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве общая площадь делянки составила 32 м², учетная — 21 м²; в 2012 г. – 27 м² и 17,5 м². Предшественники – яровой рапс, ячмень. Общая площадь делянки на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве составила 18 м², учетная – 10 м². Предшественник – овес + промежуточная культура.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв (0–25 см) в опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве была следующая: в 2011 г. pH_{KCl} – 5,46 (среднее по полю); P₂O₅ – 452 мг/кг почвы; K₂O – 345 мг/кг; Ca – 739; Mg – 155 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,01%; в 2012 г. pH – 5,89; P₂O₅ – 579 мг/кг почвы; K₂O – 373 мг/кг; Ca – 1482; Mg – 117 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,46%. Содержание подвижных форм марганца составило в среднем 2,0–5,9 мг/кг, бора (Н₂O) – 0,33–0,65 мг/кг. Соответственно на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в 2011 г.: pH_{KCl} – 5,39, P₂O₅ – 293, K₂O – 295 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,69%; в 2012 г.: pH_{KCl} – 5,55, P₂O₅ – 291, K₂O – 274 мг/кг почвы, Ca – 584, Mg – 52 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,63%. Содержание

2. Плодородие почв и применение удобрений

подвижных форм молибдена составило в среднем 0,1 мг/кг, кобальта – 0,35 мг/кг, марганца – 0,45 мг/кг, бора (H_2O) – 0,30 мг/кг.

Анализ почвенных и растительных образцов выполнялся в соответствии с общепринятыми методиками.

В почвенных образцах определяли: pH в KCl суспензии – методом ЦИНАО (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову, в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91); обменные катионы (Ca^{++} , Mg^{++}) – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487–85); гумус – методом ЦИНАО (ГОСТ 26213–91).

В растительных пробах определение азота, фосфора, калия, кальция, магния проводилось после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода), в том числе азот – по ГОСТ 13496.4–93 п. 2; фосфор – спектрофотометрически; калий – на пламенном фотометре; кальций – по ГОСТ 26570–95; магний – по ГОСТ 30502–97, на атомно-адсорбционном спектрофотометре. Из качественных характеристик в зеленой массе и семенах люпина определено содержание протеина, рассчитанное по азоту. Определение критических и незаменимых аминокислот (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) в семенах люпина проводилось на жидкостном хроматографе Agilent 1100.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа.

Температура воздуха и осадки приведены по данным наблюдений Гидрометцентра и в экспериментальной базе им. Суворова Узденского района, а также на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрономии» (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

Объектом исследований являлся люпин узколистный Першацвет. Сорт зернового направления, обладает быстрым начальным ростом и устойчивостью к болезням.

В опытах изучались комплексные удобрения в дозе $N_{15}P_{50}K_{100}$ с микроэлементами (B, Mo, Mn, Co) в различных сочетаниях. Схемы опытов представлены в таблицах.

Климатические условия (сумма активных температур, сроки наступления заморозков, количество и распределение в течение года осадков и влагообеспеченность почв), а также биологические особенности растений, их адаптивность к условиям произрастания определяют эффективность удобрений и, как следствие, продуктивность растений [13, 14]. Известно, что в засушливые годы эффективность NPK снижается в среднем на 36%, а во влажные годы возрастает на 52% по сравнению с действием удобрений в нормальные годы [14, 15].

Для оценки условий увлажнения применяется показатель увлажнения – гидротермический коэффициент (ГТК). Если ГТК больше 1,6, то год считается влажный, от 1,6 до 1,3 – оптимальный, от 1,3 до 1,0 – слабозасушливый, от 1,0 до 0,7 – засушливый, от 0,7 до 0,4 – очень засушливый, от 0,4 до 0,2 – сухой, от 0,2 и меньше – очень сухой [16].

Метеорологические условия вегетационных периодов 2011–2012 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1

Температура воздуха, количество атмосферных осадков и гидротермический коэффициент за период апрель-август, 2011–2012 гг.

Год	Показатель	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	За 4–8 месяц
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, СПК «Щемыслица», ОАО «Гастелловское»							
2011	Осадки, мм	13,8	70,5	62,3	119,1	56,9	322,6
	t °C	8,8	14,2	18,7	20,7	18,2	16,1
	Сумма t ° > 5°C	264	440,2	561	641,7	564,2	2471,1
	ГТК	0,52	1,60	1,11	1,86	1,01	1,31
2012	Осадки, мм	95,4	63,7	99,5	25,9	37,2	321,7
	t °C	8,0	14,7	15,6	21,0	18,3	15,5
	Сумма t ° > 5°C	240	455,7	468	651	567,3	2382
	ГТК	3,98	1,40	2,13	0,40	0,66	1,35
Сред- немно- голет- нее	Осадки, мм	46	61	82	90	81	72,0
	t °C	5,5	12,7	16,0	17,7	16,3	13,6
	Сумма t ° > 5°C	165	393,7	480	548,7	505,3	418,5
	ГТК	2,79	1,55	1,71	1,64	1,60	1,90
Дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова»							
2011	Осадки, мм	21,6	73,3	131,2	92	57,3	375,4
	t °C	8,8	14,2	18,7	20,7	18,2	16,1
	Сумма t ° > 5°C	264,0	440,2	561,0	641,7	564,2	2471,1
	ГТК	0,82	1,67	2,34	1,43	1,02	1,52
2012	Осадки, мм	86,7	47,2	135	30,9	69,1	368,9
	t °C	8,6	14	14,4	19,1	15,9	14,4
	Сумма t ° > 5°C	258,0	434,0	432,0	592,1	492,9	2209,0
	ГТК	3,36	1,09	3,13	0,52	1,40	1,67
Сред- немно- голет- нее	Осадки, мм	48	61	81	90	83	363,0
	t °C	5,3	12,4	16,1	17,6	16,3	13,5
	Сумма t ° > 5°C	159,0	384,4	483,0	545,6	505,3	2077,3
	ГТК	3,02	1,59	1,68	1,65	1,64	1,75

2. Плодородие почв и применение удобрений

В опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2011 г. – СПК «Щемыслица», 2012 г. – ОАО «Гастелловское») распределение осадков в период возделывания люпина узколистного (апрель-август) было следующим: в мае 2011 г. выпало 70,5 мм осадков, в июле – 119,1 мм, при среднемноголетнем – 61 и 90 мм, а апрель и август были засушливыми (13,8 и 56,9 мм, при среднемноголетнем – 48 и 83 мм). Засушливые условия в апреле несколько задержали всхожесть семян люпина, всходы появились через 12–15 суток. В целом осадки в 2011 г. за вегетационный период возделывания люпина узколистного (апрель-август) составили 322,6 мм, сумма температур – 2471,1 °С, ГТК = 1,31, что характеризует условия 2011 г. как оптимальные, способствующие созданию высокого урожая.

В 2012 г. в опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве осадки в апреле, мае и июне были выше среднемноголетних, а июль и август были засушливыми. ГТК по месяцам изменялся в пределах от 0,40 (июль) до 3,98 (апрель). За апрель-август выпало 321,7 мм осадков, сумма температур составила 2382 °С, ГТК = 1,35, что характеризует 2012 г. как оптимальный, однако сильная засуха в июле (осадков в 3,5 раза меньше среднемноголетней нормы) снизила урожай зеленой массы и семян люпина по сравнению с 2011 г.

В опытах на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова») вегетационный период 2011 г. отличался обильным выпадением осадков в мае и июне, в июле – на уровне среднемноголетних, а апрель и август были засушливыми с осадками 21,6 и 57,3 мм, при среднемноголетних значениях – 48 и 83 мм. В целом влагообеспеченность растений была хорошей, а засушливые условия в апреле и августе не оказали сильного влияния на снижение урожайности люпина. Гидротермический коэффициент за апрель-август составил 1,52, т.е. вегетационный период был оптимальным.

2012 г. отличался обильным выпадением осадков в апреле и июне (в виде 2-х ливней), а июль был засушливым, август – на уровне среднемноголетних. Осадки за 4–8 месяц составили 68,9 мм, сумма температур – 2209 °С, гидротермический коэффициент – 1,67 (влажный). Ливневые дожди в июне и засушливые условия в июле отрицательно сказались на росте, развитии растений и урожайности люпина узколистного.

Результаты метеорологических наблюдений свидетельствуют, что 2011 г. был более благоприятным для люпина в сравнении с 2012 г. как при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой, так и на рыхлосупесчаной почвах. Основной причиной снижения урожая зеленой массы и семян люпина являлась июльская засуха (осадки в 3,5 и 2,9 раза меньше нормы, при ГТК – 0,40 и 0,52 соответственно).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве эффективность комплексных удобрений с добавками микроэлементов (B, Mo, Mn, Co), применяемых по отдельности или в сочетаниях, изучалась на люпине узколистном при основном внесении, перед севом. В качестве базового использовался вариант с внесением комплексного удобрения без микроэлементов в дозе N₁₅P₅₀K₁₀₀.

В среднем за два года исследований (2011–2012 гг.) в вариантах с применением удобрений была получена высокая урожайность зеленой массы люпина – 517–557 ц/га с прибавкой от удобрений 142–182 ц/га (табл. 2).

По результатам двухгодичных исследований, выявлено положительное влияние новых форм удобрений на урожайность зеленой массы люпина узколистного по сравнению с базовым вариантом.

Применение комплексных удобрений с В и Мо, а также NPK с В, Мо и Mn в дозе $N_{15}P_{50}K_{100}$ обеспечило достоверную прибавку зеленой массы – 40 и 37 ц/га, или 7,2–6,8 ц/га к.ед. соответственно. Внесение NPK с В, а также NPK с В, Мо и Со обеспечило увеличение урожайности зеленой массы люпина только в условиях 2012 г. (14 и 32 ц/га), а в среднем за два года урожайность находилась на уровне базового варианта (различия в пределах НСР).

Окупаемость 1 кг NPK при внесении NPK с В и Мо и NPK с В, Мо, Mn повышалась от 15,4 (базовый) до 19,8 и 19,5 к.ед. с прибавкой к базовому варианту 4,4 и 4,1 к.ед. зеленой массы люпина (табл. 2).

Таблица 2

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность зеленой массы люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га			Прибавка		Сбор к.ед., ц/га		
	2011 г.	2012 г.	среднее	к базовому, ц/га	от 1 кг NPK, к.ед.	2011 г.	2012 г.	среднее
Контроль без удобрений	520	230	375	–	–	93,6	41,4	67,5
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов (базовый)	716	317	517	–	15,4	128,9	57,1	93,0
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	705	331	518	1	15,6	126,9	59,6	93,2
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	760	353	557	40	19,8	136,8	63,5	100,2
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Mn	752	356	554	37	19,5	135,4	64,1	99,7
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	729	349	539	22	17,9	131,2	62,8	97,0
HCP ₀₅	51,9	20,8	29,1	–	–	9,1	3,8	6,6

2. Плодородие почв и применение удобрений

Качественные показатели зеленой массы люпина в вариантах с внесением комплексных удобрений с микроэлементами повышались по отношению к удобрениям без добавок. Содержание протеина возросло на 0,2–3,3%, а сбор сырого протеина с гектара – на 1,4–2,9 ц, или 10,5–21,3%. Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином возросла до 113,2–124,6 г и была на 3,3–14,7 г (3,0–13,4%) выше по отношению к базовому варианту (109,9 г) (табл. 3).

Таблица 3
Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками
микроэлементов на качество зеленой массы люпина узколистного
Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Сырой протеин			Переваримый протеин	
	%	сбор, ц/га	+,- к базовому	в 1 к.ед., г	+,- к базовому
Контроль без удобрений	24,3	10,6	–	115,8	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов (базовый)	23,3	13,8	–	109,9	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	25,4	15,2	1,4	121,0	11,1
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo	23,5	16,7	2,9	123,5	13,6
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Mn	25,1	15,3	1,5	113,2	3,3
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Co	26,6	16,3	2,5	124,6	14,7
HCP ₀₅	0,75	–	–	–	–

Химический состав зеленой массы при внесении удобрений изменился неоднозначно, в большей степени варьировало содержание азота и калия, также в удобренных вариантах наблюдалась тенденция к увеличению кальция. Содержание азота составило 3,73–4,26% (на контроле 3,88), фосфора – 1,15–1,23% (1,20), калия – 2,44–2,67% (2,34), кальция – 1,40–1,70% (1,38), магния – 0,43–0,47% (0,46) (табл. 4).

Урожайность семян люпина, как и зеленой массы, в 2011 г. была в 1,2–1,5 раза выше в сравнении с урожаем 2012 г. (табл. 5).

Уровень почвенного плодородия позволил сформировать высокий урожай семян люпина узколистного на контроле без удобрений, который в среднем за 2011–2012 гг. составил 27,7 ц/га. Внесение комплексных удобрений без добавок повышало урожайность на 4,1 ц/га (31,8 ц/га).

Внесение комплексных удобрений с добавками микроэлементов позволило увеличить урожайность семян люпина узколистного до 33,1–35,8 ц/га, или на 1,3–4,0 ц/га (4,1–12,6%), по сравнению с базовым вариантом, где микроэлементы не входили в состав комплексного удобрения. По результатам двухгодичных исследований, лучшими формами удобрений, которые в большей степени оказывали положительное влияние на урожайность семян люпина узколистного при дозе внесения $N_{15}P_{50}K_{100}$, были NPK с В, Mo (средняя урожайность 35,8 ц/га) и NPK с В (35,4 ц/га), с достоверной прибавкой зерна 4,0–3,6 ц/га.

Окупаемость 1 кг удобрений в базовом варианте была достаточно низкой – 2,5 семян, при внесении новых форм комплексных удобрений с микроэлементами возрастала до 3,3–4,9 кг, или на 0,8–2,4 кг семян по отношению к базовому варианту (табл. 5).

Качество семян люпина при внесении комплексных удобрений с добавками микроэлементов улучшалось как по сравнению с контрольным, так и с базовым вариантами: содержание протеина возрастило с 24,3–27,9% до 28,6–29,5%. Сбор протеина увеличивался с 7,6 (базовый вариант) до 8,3–8,9 ц/га, или на 0,7–1,3 ц/га (9,2–17,1%). Ценность семян как корма для животных также повышалась. Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином возросла с 155,0 г на контроле и 177,7 г в базовом варианте до 182,3–193,2 г при внесении комплексных удобрений с микроэлементами, т.е. повышалась на 4,6–15,5 г, или 2,6–8,7% (табл. 6).

Таблица 4

**Содержание элементов питания в зеленой массе
люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой
легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.**

Вариант	Содержание элементов питания, %				
	$N_{общ.}$	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
Контроль без удобрений	3,88	1,20	2,34	1,38	0,46
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов (базовый)	3,73	1,20	2,44	1,58	0,45
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	4,06	1,17	2,67	1,40	0,43
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo	3,76	1,23	2,63	1,63	0,48
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Mn	4,01	1,23	2,57	1,41	0,47
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Co	4,26	1,15	2,63	1,70	0,47
HCP ₀₅	0,14	0,04	0,03	0,007	0,006

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 5

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к базовому		Прибавка	
	14% влажность					от 1 кг NPK, кг зерна	к базовому, кг
	2011 г.	2012 г.	среднее	ц/га	%		
Контроль без удобрений	32,8	22,5	27,7	–	–	–	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ – комплексное без микроэлементов	35,9	27,6	31,8	–	–	2,5	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B	38,3	32,5	35,4	3,6	11,3	4,7	2,2
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B, Mo	42,6	29	35,8	4,0	12,6	4,9	2,4
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B, Mo, Mn	37,6	28,6	33,1	1,3	4,1	3,3	0,8
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B, Mo, Co	38,2	29,4	33,8	2,0	6,3	3,7	1,2
HCP ₀₅	2,4	2,0	2,21	–	–	–	–

Таблица 6

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на качество семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Сырой протеин			Переваримый протеин	
	%	сбор, ц/га	+,- к базовому	в 1 к.ед., г	+,- к базовому
Контроль без удобрений	24,3	5,8	–	155,0	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ – комплексное без микроэлементов	27,9	7,6	–	177,7	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B	28,6	8,7	1,1	182,3	4,6
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B, Mo	29,1	8,9	1,3	185,3	7,6
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B, Mo, Mn	29,1	8,3	0,7	188,1	10,4
N ₁₅ P ₅₀ K ₁₀₀ с B, Mo, Co	29,5	8,6	1,0	193,2	15,5
HCP ₀₅	0,87	–	–	–	–

Кроме общей обеспеченности кормов переваримым протеином, большое значение имеет также ценность белка сельскохозяйственных культур. Установлено, что биосинтез аминокислот определяется генетическими факторами, однако агротехнические приемы могут влиять на количество тех или иных фракций аминокислот. Аминокислоты, содержащиеся в белках кормов, делят на незаменимые и критические. Недостаточное количество незаменимых аминокислот в кормах для животных вызывает различные нарушения деятельности организма [17, 18]. В число незаменимых аминокислот входят критические, имеющие особенное значение.

В наших исследованиях изучалось воздействие стандартных и комплексных удобрений с микроэлементами на содержание незаменимых аминокислот в семенах люпина узколистного при возделывании на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах.

Установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве сумма критических аминокислот в варианте с комплексными удобрениями без микроэлементов составила 26,86 г/кг семян. Введение модифицирующих добавок в состав комплексных удобрений (NPK с B, Mo, Mn и NPK с B, Mo, Co) увеличивало количество критических аминокислот на 11–12% (табл. 7).

Содержание незаменимых аминокислот в семенах люпина узколистного в варианте с NPK без добавок составило 79,76 г/кг, в вариантах с новыми формами комплексных удобрений с микроэлементами оно повышалось на 0,25–7,59 г/кг, или 0,31–9,5%. При этом следует отметить, что в вариантах, где вводились три вида микроэлементов (B, Mo, Mn или B, Mo, Co), **содержание незаменимых аминокислот было более высоким по сравнению с внесением одного бора или бора с молибденом на 1,29–7,34 г/кг.**

Содержание общего азота в семенах люпина изменялось в большей степени в сравнении с другими элементами минерального питания и составляло от 3,89% в контрольном варианте и 4,46% в базовом до 4,58–4,72% в вариантах с комплексными удобрениями с модифицирующими добавками. Содержание фосфора, в зависимости от вариантов опыта, находилось в пределах от 1,12 до 1,27%, калия – 0,97–1,18, кальция – 0,16–0,22 и магния – 0,26–0,33% (табл. 8).

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области изучалась эффективность комплексного NPK с добавками B, Mn и Mo. Урожайность зеленой массы на контроле составила в среднем за два года 373 ц/га, в вариантах с удобрениями – 451–481 ц/га. Применение комплексного NPK с B, Mo, Mn под люпин узколистный способствовало увеличению урожайности зеленой массы люпина на 11–19 ц/га и окупаемости 1 кг NPK удобрений на 1,7–2,3 к.ед. (табл. 9).

Урожайность семян люпина на контроле составила 24,5 ц/га, при внесении удобрений – 30,0–32,8 ц/га. Прибавка урожая от внесения стандартных форм удобрений составила 4,3–5,5 ц/га, при внесении комплексных с микроэлементами – 5,5–8,3 ц/га. Внесение удобрений с модифицирующими добавками увеличивало урожайность семян по сравнению со стандартными туками на 1,8–2,8 ц/га с повышением окупаемости 1 кг удобрений с 3,4–4,4 до 4,4–6,6 к.ед. (на 1,0–2,2 к.ед.) в зависимости от системы удобрения (органо-минеральной или минеральной).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 7

**Влияние форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на аминокислотный состав люпина узколистного
Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве,
2011–2012 гг., г/кг семян**

Вариант	Лизин	Треонин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								кри-тичес-ких	неза-меня-мых
Контроль без удобрений	10,65	11,57	2,55	10,32	10,81	18,50	10,00	24,77	74,40
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов	12,10	12,34	2,42	11,08	11,29	19,83	10,70	26,86	79,76
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	12,48	12,17	2,22	11,56	11,52	20,01	10,77	26,87	80,73
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo	11,99	12,00	2,83	11,32	11,98	19,37	10,52	26,82	80,01
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Mn	13,65	13,54	2,71	11,44	10,57	19,66	10,45	29,90	82,02
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Co	13,98	13,09	2,98	11,94	12,77	21,15	11,44	30,05	87,35

Таблица 8

**Содержание элементов питания в семенах люпина узколистного
Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.**

Вариант	Содержание элементов питания, %				
	$N_{общ.}$	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
Контроль без удобрений	3,89	1,21	1,18	0,18	0,28
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов	4,46	1,24	1,03	0,22	0,30
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	4,58	1,27	1,06	0,18	0,26
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo	4,65	1,20	0,97	0,16	0,28
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Mn	4,65	1,12	0,99	0,18	0,33
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Mo, Co	4,72	1,22	1,03	0,16	0,27
HCP ₀₅	0,14	0,04	0,03	0,007	0,006

Таблица 9

Влияние системы удобрения на урожайность зеленой массы и семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области), 2011–2012 гг.

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га	Прибавка от удобрений		Урожайность зерна, ц/га	Прибавка от удобрений	
		к контролю и NPK ст*, ц/га	от 1 кг NPK, к.ед.		к контролю и NPK ст*, ц/га	от 1 кг зерна
зеленая масса		семена				
Контроль без удобрений	373			24,5	–	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ смесь стандартных удобрений (ст)	451	78	9,7	30,0	5,5	4,4
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	470	97 19*	12,0	32,8	8,3 2,8*	6,6
6 т/га ОУ** + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	470	81	10,0	30,8	4,3	3,4
6 т/га ОУ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	481	92 11*	11,4	32,0	5,5 1,8*	4,4
HCP ₀₅	18,9	–	–	2,4	–	–

Примечание:

1. Прибавка от новых форм удобрений к стандартным тукам, 6 т/га.
2. ОУ – доза органических удобрений в севообороте, среднегодовая (третий год последействия). Урожай зеленой массы на фоне 6 т/га ОУ составил 389 ц/га, семян – 26,5 ц/га.

Содержание сырого протеина в зеленой массе люпина составило в среднем по вариантам опыта 23,8%, а на контроле – 22,7%, в вариантах с удобрениями – 23,5–24,6%. В вариантах со стандартными, или на 0,3–1,3 ц/га. Содержание переваримого протеина в 1 к.ед. зеленой массы составило в среднем по вариантам опыта 107,0 г, что несколько выше минимальной физиологически обоснованной потребности – 105 г [19]. Комплексные удобрения с микроэлементами увеличивали обеспеченность 1 к.ед. протеином с 105,1–106,8 до 106,9–110,9 – на 0,1–5,9 г (табл. 10).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 10

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на качество зеленой массы и семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Сырой протеин			Переваримый протеин	
	%	сбор, ц/га	+,- к базовому	в 1 к.ед., г	+,- к базовому
зеленая масса					
Контроль без удобрений	22,7	10,6	—	105,5	—
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	23,5	12,8	—	105,1	—
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	24,6	14,1	1,3	110,9	5,9
OY ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	23,9	13,6	—	106,8	—
OY ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	24,1	13,9	0,3	106,9	0,1
Среднее по зеленой массе	23,8	13,0	—	107,0	—
семена					
Контроль без удобрений	26,1	5,5	—	166,2	—
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	26,6	6,9	—	169,6	—
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	27,9	7,9	1,0	178,1	8,6
OY ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	27,1	7,2	—	172,7	—
OY ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	28,4	7,8	0,6	181,1	8,4
Среднее по зерну	27,2	7,1	—	173,5	—

Содержание сырого протеина в семенах люпина было выше, чем в зеленой массе и составило в среднем по вариантам опыта 27,2%, а на контроле – 26,1%, в вариантах с удобрениями – 26,6–28,4%. В вариантах со стандартными удобрениями содержание протеина было на уровне 26,6–27,1%, в вариантах с комплексными удобрениями – 27,9–28,4%, что на 1,3% выше, чем в вариантах

со стандартными удобрениями. Содержание переваримого протеина в 1 к.ед. семян люпина узколистного составило на фоне стандартных удобрений 169,6–172,7, а на фоне NPK с B, Mn, Mo – 178,1–181,1 г, т.е. выше на 8,4–8,6 г.

Полученные результаты на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах свидетельствуют, что использование комплексных удобрений с микроэлементами позволяет увеличить обеспеченность 1 к.ед. зеленой массы люпина протеином по сравнению со стандартными туками в среднем на 6,9 г, а 1 к.ед. семян – на 9,0 г. В то же время известно, что недостаток 1 г переваримого белка в кормах до физиологической нормы приводит к увеличению их расхода на 1,5–2,0%. [20].

Расчеты показывают, что использование зеленой массы люпина, выращенной с применением комплексных удобрений с микроэлементами, на корм животным в зеленом конвейере с недостаточным количеством белка уменьшает расход корма на 10–14%, а при скармливании семян – на 13–18% по сравнению с продукцией, полученной при внесении стандартных форм удобрений.

При возделывании люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с использованием NPK с B, Mn и Mo наблюдалось увеличение суммы критических аминокислот в семенах люпина с 27,13–27,20 до 27,77–28,24 г на 1 кг семян, или на 0,64–1,04 г/кг (2,4–3,8%) по сравнению с внесением смесей стандартных удобрений. Внесение комплексных удобрений с микроэлементами увеличивало количество незаменимых аминокислот в семенах люпина в большей степени с 78,09–79,36 до 80,96–86,13 г/кг, или на 2,9–6,8 г/кг (3,7–8,5%) (табл. 11).

Таблица 11

Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов на аминокислотный состав семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2011–2012 гг., г/кг семян

Вариант	Лизин	Тreonин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								кри-тиче-ких	неза-мени-мых
Контроль без удобрений	11,88	10,43	2,19	9,95	10,09	17,56	8,92	24,50	71,02
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	12,29	12,42	2,42	10,89	11,20	19,10	9,77	27,13	78,09
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	12,05	13,02	2,70	11,37	11,56	19,92	10,34	27,77	80,96

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 11

Вариант	Лизин	Треонин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								критических	незаменимых
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	11,85	12,53	2,82	12,28	12,33	15,92	11,63	27,20	79,36
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с B, Mn, Mo	11,89	13,63	2,72	12,23	12,20	21,29	12,17	28,24	86,13

Следует отметить также, что суммарное содержание критических и незаменимых аминокислот было более высоким на фоне последействия (3-й год) органических удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Применение на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве комплексных удобрений с добавками микроэлементов (NPK с B, Mo, Mn и NPK с B, Mo) в дозе N₁₅P₅₀K₁₀₀ обеспечило прибавку урожайности зеленой массы люпина узколистного 37–40 ц/га по сравнению с комплексным удобрением без микроэлементов. Семенная продуктивность при внесении NPK с B, Mo и NPK с B возрастала на 3,6–4,0 ц/га. На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве применение комплексных NPK с B, Mn и Mo также обеспечило достоверную прибавку зеленой массы (19 ц/га) и семян люпина – 2,8 ц/га.

2. Качество зеленой массы люпина на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при внесении комплексных NPK с микроэлементами улучшалось за счет увеличения содержания протеина на 0,2–2,1%, сбора сырого протеина – на 1,4–2,9 ц/га, или 10,5–21,3%, обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином – на 3,3–14,7 г, или 3,0–13,4% (113,2–124,6 г). Качество семян люпина также улучшалось: сбор протеина увеличивался на 0,7–1,3 ц/га (8,9–17,7%), обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином — на 2,6–8,7%, или 4,6–15,5 г (182,3–193,2 г/кг).

3. Внесение комплексных NPK с микроэлементами на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве увеличивало сбор сырого протеина с урожаем зеленой массы люпина на 0,3–1,3 ц/га (2,2–10,2%) при содержании переваримого протеина в 1 к.ед. на уровне 106,8–106,9 г/кг (на 5,9 г, или 5,6%). Содержание сырого протеина в семенах люпина повышалось на 1,3%, сбор протеина – на 0,6–1,0 ц/га (8,3–14,5%), содержание переваримого протеина в 1 к.ед. семян – на 8,4–8,6 г (178,1–181,1 г/кг).

4. Применение комплексных удобрений с добавками микроэлементов при возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве обеспечивало повышение содержания незаменимых аминокислот в

семенах на 0,97–7,59 г/кг, или 1,2–9,5%, в сравнении с комплексным удобрением без добавок (79,76 г/кг). В вариантах с NPK с В, Mo, Mn или NPK с В, Mo, Co содержание незаменимых аминокислот было на 1,6–8,3 г/кг выше, чем при внесении NPK с В или NPK с В и Mo. На рыхлосупесчаной почве в вариантах с NPK с В, Mn и Mo количество незаменимых аминокислот увеличивалось с 78,09–79,36 до 80,96–86,13 г/кг, или на 2,9–6,8 г/кг (3,7–8,5%).

5. По расчетным данным, использование зеленой массы люпина узколистного, выращенной на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах с применением комплексных удобрений с микроэлементами, на корм животным позволяет уменьшить расход корма на 10–14%, а при скармливании семян люпина – на 13–18% за счет улучшения обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином по сравнению с продукцией, полученной при внесении стандартных форм удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кукрещ, Л.В. Пути решения растительного белка в кормопроизводстве республики / Л.В. Кукрещ // Кормопроизводство. – 1998. – № 3. – С. 2–34.
2. Такунов, И.П. Люпин в земледелии России / И.П. Такунов. – Брянск: Придесенье, 1996. – 372 с.
3. Зернобобовые культуры / под общ. ред. Д. Шпаар. – Минск: ФУАИнформ, 2000. – 262 с.
4. Кукрещ, Л.В Сбалансированный белком корм – залог высокой экономической эффективности животноводства / Л.В. Кукрещ, И.В. Рышкель // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. агр. навук. – 2009. – № 1. – С. 62–65.
5. Шор, В.Ч. Кормовой люпин: перспективы в Беларуси / В.Ч. Шор, Н.С. Купцов // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 40–46.
6. Шор, В.Ч. Узколистный люпин: ключи к успешному возделыванию / В.Ч. Шор, Н.С. Купцов // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 44–47.
7. Кормовые нормы и состав кормов: справ. пособие / А.П. Шпаков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 384 с.
8. Ковальский, П.В. Микроэлементы в растениях и кормах / П.В. Ковальский. – М.: Колос, 1971. – 235 с.
9. Томмэ, М.Ф. Минеральный состав кормов / М.Ф. Томмэ. – М.: Колос, 1968. – 256 с.
10. Рак, М.В. Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на кормовую ценность люпина узколистного / М.В. Рак, Т.Г. Николаева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1(44). – С. 221–227.
11. Влияние молибдена, бора и способов их применения на семенную продуктивность узколистного люпина / О.Ч. Коженевский // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: ГГАУ, 2001. – С. 310–312.
12. Пуховская, Л.И. Влияние микроудобрений на урожай и качество узколистного кормового люпина / Л.И. Пуховская, В.Н. Халецкий // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 288–291.
13. Грингоф, И.Г. Агрометеорология / И.Г. Грингоф, В.В. Попова, В.Н. Страшный; под общ. ред. И.Г. Грингофа. – Ленинград: Гидрометоиздат, 1987. – 310 с.

2. Плодородие почв и применение удобрений

14. Ефимов, В.Н. Система применения удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Г.И. Синицын; под общ. ред. В.Н. Ефимова. – М.: Колос, 1984. – 272 с.
15. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 521 с.
16. Гольберг, М.А. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / М.А. Гольберг, В.И. Мельник; под общ. ред. М.А. Гольберга. – Минск, 1985. – 114 с.
17. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрономии, 2005. – 14 с.
18. Мироненко, А.В. Белки культурных и дикорастущих растений / А.В. Мироненко, В.И. Домаш, И.В. Рогульченко. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 200 с.
19. Кадыров, М.А. Кормопроизводство в Беларуси: состояние, проблемы, решения / М.А. Кадыров, Л.В. Кукареш // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 2. – С. 3–9.
20. Шлапунов, В.Н. Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.С. Цыдик. – Барановичи, 2003. – 304 с.

INFLUENCE OF COMPOSITE FERTILIZERS ON YIELD AND QUALYTY OF GREEN MASSE AND GRAIN OF BLUE LUPINE ON PODZOLUVISOL SANDY LOAM AND LUVISOL LOAMY SAND SOILS

V.I. Soroko, G.V. Pirogovskaya, S.S. Khmelevskij, O.I. Isaeva

Summary

The effectiveness of nitrogen-phosphorous-potassium (composite) fertilizers with micronutrient supplements on the yield and quality of green mass and grain of blue lupine grown on Luvisol sandy loam and loamy sand soils is presented in the article. The composite fertilizers with micronutrients ($NPK + B, Mo, Mn$, $NPK + B, Mo$, $NPK + B$) in doses of $N_{15}P_{50}K_{100}$ were more effective than mixture of NPK and composite fertilizers without micronutrients. There was an increase of green mass by of $19\text{--}40\text{ c}/\text{ha}^{-1}$ and grain productivity by $2.8\text{--}4.0\text{ c}/\text{ha}^{-1}$.

It was found that the use composite fertilizers increased the row protein content in green mass and grain of blue lupine. Supply of 1 f.u. of green mass by digestible protein was increased by $3.1\text{--}17.8\text{ g}$ and achieved $106.8,0\text{--}127.7\text{ g}$. Supply of 1 f.u. of grain was increased by $4.6\text{--}10.4\text{ g}$ ($178.1\text{--}188.1\text{ g/kg}$).

Поступила 14.03.14

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛОМЫ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ С УЗКОЛИСТНЫМ ЛЮПИНОМ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАННОЙ ПОЧВЕ

Т.Ю. Анисимова

*Всероссийский научно-исследовательский институт
органических удобрений и торфа, г. Владимир, Россия*

ВВЕДЕНИЕ

Влияние соломы как удобрения на круговорот питательных веществ и урожайность может осуществляться двумя путями: во-первых, имеющиеся в соломе и освобождающиеся в результате минерализации питательные вещества могут непосредственно повышать их запас в почве и потребляться растениями; во-вторых, благодаря процессам разложения вследствие усиливающейся микробиологической активности может изменяться доступность питательных веществ почвы для растений [2, 3]. Коэффициенты использования элементов питания, входящих в состав растительных остатков (кроме азота), обычно в 3–4 раза выше, чем из минеральных удобрений или из запасов подвижных элементов в почве [5].

Особенностью бобовых культур является их способность частично удовлетворять потребность в азоте за счет симбиотической фиксации его клубеньковыми бактериями из атмосферы [1]. По оценкам Е.П. Трепачева (1999), за счет азота атмосферы формируется от 30 до 80% урожая бобовых. Размеры отчуждения азота почвы зависят от коэффициента симбиотической азотфиксации. Чем он больше, тем меньше доля отчуждаемого азота из почвы и наоборот.

Для каждой бобовой культуры определяется свой коэффициент азотфиксации в данных конкретных условиях. Наиболее простым и удовлетворительным методом применительно к полевым условиям может служить метод сравнения бобовых и злаковых растений по содержанию в них азота в расчете на единицу площади [4].

Целью наших исследований было усовершенствование технологии использования соломы под узколистный люпин в полевом севообороте.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на дерново-подзолистой супесчаной почве опытного поля ВНИИОУ в звене севооборота: озимая пшеница – узколистный люпин на зерно – картофель – ячмень. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: гумус – 1,36%; рН_{KCl} – 5,1; Н_r – 1,64; содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 105 и 137 мг/кг почвы.

Под картофель и ячмень минеральные удобрения не вносили, под люпин запахивали стерню и солому озимой пшеницы по следующей схеме:

2. Плодородие почв и применение удобрений

1. Стерня: запашка осенью (контроль);
2. Стерня: дискование, запашка осенью;
3. Стерня + солома: запашка осенью;
4. Стерня + солома: дискование, запашка осенью;
5. Стерня + солома: дискование, запашка весной.

Масса запаханной соломы в среднем составила 4,8 т/га, стерни и корней – 2,7 т/га. С соломой в почву поступило 19,8 кг азота, 10,4 кг фосфора и 48,5 кг калия на 1 га, со стерней и корнями – 8,5 кг, 4,7 и 19,5 кг соответственно (табл. 1). Чтобы более рельефно оценить эффективность соломы под люпин и ее последействие совместно с люпином на картофеле и ячмене, урожайность зерна озимой пшеницы при расчетах не учитывали.

Таким образом, в почву вариантов 1 и 2 со стерней и корнями поступило в среднем 33 кг/га NPK, а в 3–5 вариантах с соломой, стерней и корнями – 111 кг/га NPK.

Таблица 1
Агрехимическая характеристика растительных остатков
озимой пшеницы (среднее за 3 года)

Вид	Масса воздушно-сухого органического вещества, т/га	Содержание элементов питания в сухом веществе, %				
		C	N	C:N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Солома	4,24	47,6	0,47	102	0,25	1,14
Стерня и корни	2,03	47,7	0,43	113	0,23	0,95

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что при удобрении соломой повышается коэффициент азотфиксации (табл. 2). Общий вынос азота и вынос его из атмосферы по фону соломы значительно возрастают. Так, общий вынос азота в вариантах с соломой в зависимости от способа и срока заделки возрос на 31–69% по сравнению с контролем, вынос азота из атмосферы – на 48–107%. На величину выноса люпином азота из почвы удобрение соломой влияния практически не оказало.

Технологические приемы использования соломы на удобрение отразились на продуктивности звена севооборота (табл. 3).

Осенняя запашка незадискованной соломы была наиболее эффективной, продуктивность звена севооборота в этом варианте увеличилась на 23,1% по сравнению с контролем. Дискование соломы при осенней запашке увеличило продуктивность звена севооборота на 18,6%, при весенней – на 21,1%. Анализ экономической и энергетической эффективности от применения соломы под узколистный люпин в звене севооборота показал, что уровень рентабельности выращивания культур при использовании соломы на удобрение повысился на 41,8–58,7%, коэффициент энергетической эффективности в вариантах с соломой увеличился на 15,0–21,5%.

Таблица 2

Влияние способов и сроков заделки соломы на содержание общего азота в биомассе люпина, коэффициенты азотфиксации и размеры потребления азота растениями люпина (в среднем за 3 года)

Вариант	Общий вынос N, кг/га	Вынос N из почвы, кг/га	Потребление N из атмосферы, кг/га	Коэффициент азотфиксации
Стерня: запашка осенью (контроль)	80,9	28,3	52,6	0,65
Стерня: дискование, запашка осенью	87,5	28,4	59,1	0,66
Стерня + солома: запашка осенью	106,0	27,9	78,1	0,74
Стерня + солома: дискование, запашка осенью	118,0	28,1	89,9	0,77
Стерня + солома: дискование, запашка весной	137,0	28,0	109,0	0,80

Таблица 3

Эффективность применения соломы в звене севооборота с люпином

Вариант	Сбор з.е. товарной продукции, ц/га	Прибавка		Уровень рентабельности, %	Коэффициент энергетической эффективности, %
		ц/га з.е.	%		
Стерня: запашка осенью (контроль)	79,8	—	—	154,2	2,40
Стерня: дискование, запашка осенью	83,9	4,1	5,1	160,8	2,51
Стерня + солома: запашка осенью	98,2	18,4	23,1	213,8	2,99
Стерня + солома: дискование, запашка осенью	94,5	14,7	18,6	200,9	2,83
Стерня + солома: дискование, запашка весной	96,6	16,8	21,1	199,1	2,86
HCP ₀₅	10,8				

2. Плодородие почв и применение удобрений

Вынос NPK из почвы на 1 т основной продукции, с учетом побочной, определенный лабораторным анализом, показал, что потребление люпином азота (с вычетом симбиотического) в вариантах без соломы в среднем было выше на 19,4% (табл. 4). Вынос же фосфора и калия оказался выше в вариантах с соломой. Потребление фосфора при внесении соломы было больше на 15,7–29,8%, а калия – на 16,2–31,5%.

Таблица 4
Суммарный баланс NPK в звене севооборота с люпином,
картофелем и ячменем

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Поступило с соломой и симбиотическим азотом, кг/га			
Стерня: запашка осенью (контроль)	61,1	4,7	19,5
Стерня: дискование, запашка осенью	67,6	4,7	19,5
Стерня + солома: запашка осенью	106,4	15,6	68,0
Стерня + солома: дискование, запашка осенью	118,2	15,6	68,0
Стерня + солома: дискование, запашка весной	137,3	15,6	68,0
Вынос из почвы урожаями трех культур, кг/га			
Стерня: запашка осенью (контроль)	96,9	67,1	150,0
Стерня: дискование, запашка осенью	106,5	67,1	151,0
Стерня + солома: запашка осенью	132,3	88,3	204,1
Стерня + солома: дискование, запашка осенью	116,0	82,5	182,2
Стерня + солома: дискование, запашка весной	90,9	89,5	188,0

Таким образом, внесение соломы под люпин обедняет его азотом и, соответственно, белком, увеличивая содержание фосфора и калия. Азот, «предназначенный» люпину, расходуется микробиотой почвы при минерализации соломы. Вместе с тем в ходе разложения соломы улучшается питание люпина калием и фосфором, что способствует их накоплению в урожае.

В последствии на картофеле и ячмене внесение соломы под люпин не влияло на величину выноса элементов питания единицей продукции. В среднем по пяти вариантам опыта зернобобовая культура – люпин узколистный отличалась от зерновой культуры – ячменя втрое меньшим расходом почвенного азота, в 1,6 раза – калия на единицу продукции, что подчеркивает ресурсосберегающую роль люпина в севообороте.

В таблице 5 показано соотношение трех основных элементов питания, потребленных люпином, картофелем и ячменем из почвы в звене севооборота. Если по всем культурам принять содержание азота за единицу, то по фосфору для люпина оно составит 1,1, картофеля – 0,7 и ячменя – 0,4. По калию – 1,8; 1,7; 1,1 соответственно.

Таблица 5
Соотношение элементов питания, потребленных культурами
в звене севооборота

Вариант	Люпин на зерно $N:P_2O_5:K_2O$	Картофель $N:P_2O_5:K_2O$	Ячмень $N:P_2O_5:K_2O$
Стерня: запашка осенью (контроль)	1:0,9:1,5	1:0,8:2,0	1:0,4:1,07
Стерня: дискование, запашка осенью	1:0,8:1,4	1:0,7:1,7	1:0,4:1,07
Стерня + солома: запашка осенью	1:1,2:2,0	1:0,7:1,7	1:0,4:1,06
Стерня + солома: дискование, запашка осенью	1:1,2:2,0	1:0,6:1,7	1:0,4:1,09
Стерня + солома: дискование, запашка весной	1:1,2:2,6	1:0,6:1,4	1:0,4:1,08
В среднем по вариантам	1:1,1:1,8	1:0,7:1,7	1:0,4:1,08

При определении фактического выноса NPK каждой культурой в среднем за 3 года в звене севооборота показано: картофель после люпина потребляет питательных веществ в 1,2–1,6 раза больше люпина и в 1,5–2 раза больше ячменя, следующего за ним. При запашке задискованной соломы весной под люпин обеспечивалось лучшее ее использование люпином при отсутствии последействия на ячмене.

Суммарный вынос NPK по трем культурам в вариантах с соломой оказался на 17,5–36,2% выше, чем на контроле.

Если сопоставить суммарное содержание элементов питания в урожае люпина и картофеля, включая фиксированный люпином азот воздуха, то получаются довольно близкие результаты. Однако источники азота для этих культур разные: большая часть его люпином получена из воздуха, а пропашной культурой – картофелем – из почвы, корне-пожнивных остатков и экссудатов люпина. Как компонент севооборота люпин – ресурсосберегающая культура, картофель же – потребляющая. Преимущество люпина перед картофелем и ячменем – его способность положительно реагировать на внесение соломы без применения азотных удобрений.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 6
Состояние баланса (кг/га) и его интенсивность (%)

Вариант	N		P_2O_5		K_2O	
	баланс	интенсивность	баланс	интенсивность	баланс	интенсивность
Стерня: запашка осенью (контроль)	-35,8	63,1	-62,1	7,0	-130,5	13,0
Стерня: дискование, запашка осенью	-38,9	63,5	-62,4	7,0	-131,5	12,9
Стерня + солома: запашка осенью	-25,9	80,4	-72,7	17,7	-136,1	33,3
Стерня + солома: дискование, запашка осенью	+2,2	101,9	-66,9	18,9	114,2	37,3
Стерня + солома: дискование, запашка весной	+46,4	151,0	-73,9	17,4	120,0	36,2

Таблица 7
Коэффициенты использования элементов питания, %

Вариант	N	P_2O_5	K_2O
Стерня: запашка осенью (контроль)	-	-	-
Стерня: дискование, запашка осенью	14,2	0	5,0
Стерня + солома: запашка осенью	33,2	136,0	54,1
Стерня + солома: дискование, запашка осенью	16,1	98,7	56,1
Стерня + солома: дискование, запашка весной	4,0	144,0	55,9

Анализируя данные таблиц 6 и 7, можно сделать следующие выводы:

- баланс азота в звене севооборота с люпином, удобренным соломой, положительный только при ее предварительном дисковании перед запашкой. При этом снижался коэффициент использования азота из соломы и почвы за счет увеличения доли симбиотического азота;
- баланс фосфора и калия глубоко дефицитный по всем вариантам опыта;
- сочетание люпина с соломой обеспечивает увеличение выноса фосфора за ротацию на величину, близкую содержанию фосфора в соломе;

- введение соломы в звено севооборота с люпином сберегает ресурсы почвенного калия в количестве, поступающем с соломой;
- за трехлетнюю ротацию при использовании соломы под люпин возрастает интенсивность баланса по азоту на 17,3–87,9%, по фосфору – на 10,9–11,9%, по калию – на 20,3–24,3%;
- по соломе возрастают коэффициенты использования фосфора и калия из почвы и соломы.

ВЫВОДЫ

В результате проведения исследований выявлена высокая агроэкономическая, агрохимическая, ресурсосберегающая и энергосберегающая эффективность совместного использования узколистного люпина и соломы озимой пшеницы в звене зернопропашного севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве. Применение соломы под узколистный люпин в звене севооборота было экономически и энергетически выгодно. Наиболее эффективна была осенняя запашка соломы без применения дискования.

Люпин отличался от зерновой культуры – ячменя втрое меньшим расходом почвенного азота и в 1,6 раза – калия на единицу продукции, что подчеркивает ресурсосберегающую роль люпина в севообороте. Суммарный вынос NPK по трем культурам (узколистный люпин – картофель – ячмень) в вариантах с соломой выше на 17,5–36,2% по сравнению с контролем, что связано с повышением урожайности культур. Баланс азота в звене севооборота с люпином, удобренным соломой, положительный только при ее предварительном дисковании перед запашкой (от 2,2 до 46,4 кг/га). При этом снижался коэффициент использования азота из почвы и соломы за счет увеличения доли и преобладания симбиотического азота в урожае люпина. Вместе с тем люпин и солома не возмещают вынос фосфора и калия с урожаем. Баланс по этим двум элементам отрицательный и требует интенсивного использования минеральных и органических удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожемяков, А.П. Приемы повышения продуктивности азотфиксации и урожая бобовых культур / А.П. Кожемяков // Биологический азот в сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1989. – С. 15–26.
2. Кольбе, Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе. – М.: Колос, 1972. – 75 с.
3. Найдин, П.Г. Удобрение зерновых и зернобобовых культур / П.Г. Найдин. – М.: Сельхозгиз, 1963. – 263 с.
4. Трепачев, Е.П. Агрохимический аспекты биологического азота в современном земледелии / Е.П. Трепачев. – М., 1999. – 498 с.
5. Роль растительных остатков в обеспечении растений зольными элементами на подзолистых почвах / А.Д. Фокин [и др.] // Почвоведение. – 1979. – № 6. – С. 53–61.

FEATURES OF STRAW USE AND BLUE LUPINE IN THE FIELD CROP ROTATION ON SOD-PODZOLIC SANDY SOIL

T.Yu. Anisimova

Summary

In field experiences on sod-podzolic sandy soil of Meshchersky lowland high agroeconomic efficiency of an adaptive link of a crop rotation with blue lupine, grown up on grain, a potato and barley is established at entering under lupine winter wheat straw. Straw in a combination with symbiotic nitrogen-fixing crop (lupine) has proved to be effective resource regenerative the factor and a perspective reserve of reproduction soils fertility without participation of nitrogen of mineral fertilizers.

Поступила 20.02.14

УДК 631.86:632.118.3:633.1

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ АЗОБАКТЕРИН НА УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ, КАЧЕСТВО И АККУМУЛЯЦИЮ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs и ^{90}Sr

Н.А. Михайловская¹, Т.Б. Барашенко¹, С.В. Дюсова¹, П.Т. Пикун², Г.В. Жила²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Полесский филиал РУП «Научно-практический центр НАН Беларусь по земледелию», Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В сельскохозяйственном производстве Беларуси используется 998,7 тыс. га почв, загрязненных ^{137}Cs в пределах 37–1480 кБк/м². Около 345,4 тыс. га почв республики одновременно загрязнено ^{90}Sr в пределах 5,5–111 кБк/м². На загрязненных радионуклидами почвах возделываются и многолетние травы, которые отличаются способностью интенсивнее аккумулировать радионуклиды по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. В связи с этим загрязнение кормовой продукции может быть значительным. Загрязнение кормов представляет особую опасность, так как радионуклиды по пищевой цепочке поступают в молоко [1, 2].

В настоящее время благодаря комплексу защитных мероприятий, проведенных на загрязненной территории, решены первоочередные задачи производства нормативно чистых продуктов питания. В результате защитных мер, а также природных процессов распада, сорбции и миграции радионуклидов переход ^{137}Cs по пищевым цепям снизился более чем на порядок, а ^{90}Sr – в 3 раза. Однако

последствия Чернобыльской катастрофы носят долговременный характер. Основная доля радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr находится в корнеобитаемом слое почв и интенсивно включается в биологический круговорот. Поэтому проблема снижения загрязнения травяных кормов в зоне радиоактивного загрязнения почв по-прежнему остается актуальной [3–5].

Одним из возможных биологических приемов повышения урожайности многолетних трав и снижения перехода радионуклидов в продукцию может быть использование бактериальных удобрений разной специализации. Однако наибольший интерес представляют препараты на основе азотфикссирующих бактерий, так как ведущая роль в формировании урожая многолетних злаковых трав принадлежит азоту. Внесение повышенных доз азотных удобрений усиливает переход радионуклидов в урожай [1, 2], а приемы стимулирования биологической азотфиксации и ограничения доз минерального азота представляют интерес. Следует отметить, что внесение бактериальных удобрений на основе природных штаммов азотфикссирующих бактерий экологически обосновано и не представляет опасности для окружающей среды.

Азоспириллы признаны перспективными инокулянтами для целого ряда злаковых культур, включая разные виды злаковых трав. Агрономическая оценка эффективности 20-летнего применения азоспирилл, проведенная Y. Okon et al. [7], свидетельствует об их способности повышать урожайность и качество злаковых культур на почвах разного генезиса и в разных климатических регионах. К настоящему времени накоплен обширный экспериментальный материал по влиянию азоспирилл на урожайность и качество злаковых культур в зонах умеренного и тропического климата [8–10].

В Институте почвоведения и агрохимии разработано бактериальное удобрение Азобактерин на основе зонального штамма азотфикссирующих бактерий *Azospirillum brasiliense* ВКПМ В4485 [6]. Испытания на посевах многолетних трав показали, что применение Азобактерина стимулирует развитие корневой системы за счет продукции фитогормонов, улучшает минеральное питание и повышает урожайность многолетних злаковых трав [11–15].

Цель настоящей работы – установить влияние бактериального удобрения Азобактерин на урожайность и аккумуляцию ^{137}Cs и ^{90}Sr в многолетних злаковых травах, определить основные факторы его положительного действия на качество трав при возделывании на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных радионуклидами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на дерново-подзолистых супесчаных почвах, преобладающих в зоне радиоактивного загрязнения почв.

Эффективность Азобактерина на разных видах многолетних злаковых трав при разных условиях минерального питания. Эффективность бактериализации разных видов многолетних злаковых трав Азобактерином изучали в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на супеси рыхлой, подстилаемой с глубины 1,4 м моренным суглинком (Гомельская обл., Мозырский р-н). Плотность загрязнения почвы опытного участка ^{137}Cs в пределах 180–185 кБк/м², ^{90}Sr – 12 кБк/м². Агрохимические свойства пахотного слоя

2. Плодородие почв и применение удобрений

почвы: гумус – 2,2% (по Тюрину); рН (KCl) – 6,0–6,2; Р₂O₅ – 250–280 мг/кг, K₂O – 180–200 мг/кг (по Кирсанову). Содержание фосфора и калия в почве доведено до оптимального для минимизации перехода радионуклидов в продукцию. Учетная площадь делянки – 6,4 м². Повторность в опыте четырехкратная. Расположение делянок реномированное. Тимофеевку луговую (*Phleum pratense*), овсяницу луговую (*Festuca pratensis*), кострец безостый (*Bromus inermis*) и ежу сборную (*Dactylis glomerata*) выращивали в одновидовых посевах при равных условиях минерального питания (N₃₀P₆₀K₉₀). Суперфосфат двойной и хлористый калий вносили перед посевом, аммиачную селитру – весной в начале вегетации. Для предпосевной бактериализации семян трав при закладке полевого эксперимента использован торфяной Азобактерин (титр 3,2x10⁹ КОЕ/г). В последующие 3 года посевы ежегодно обрабатывали водной суспензией торфяного бактериального препарата в начале вегетации трав и после первого укоса (титр 3,0–4,0x10⁹ КОЕ/г). Активность азотфиксации в ризоплане многолетних трав определяли ацетиленовым методом на газовом хроматографе «Хром 4» с пламенноионизационным детектором и выражали в мкг N₂/г сырых корней. Содержание элементов питания в урожае трав определяли методом ИК-спектрометрии. Учет урожайности многолетних трав проводили в фазу начала цветения. Измерения удельной активности ¹³⁷Cs в растительных образцах многолетних трав проводили в соответствии с методами испытаний МИ 214391 [16] на гамма-спектрометре Canberra 2000. Удельную активность ⁹⁰Sr определяли радиохимическим методом по стандартной методике ЦИНАО [17] с радиометрическим окончанием на гамма-бета-спектрометре.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа.

Период исследований характеризовался засушливыми условиями и повышенной температурой воздуха, наибольший дефицит осадков отмечен в год закладки опыта (ГТК 0,60), последующие годы были относительно более благоприятными, ГТК составили 0,95, 1,12 и 1,05.

Эффективность Азобактерина на еже сборной при разных уровнях азотного питания. Для изучения эффективности бактериального удобрения Азобактерин в зависимости от уровня азотного питания проведен полевой опыт (Гомельская обл., Мозырский рн) с ежой сборной (*Dactylis glomerata L.*), сорт Магутная. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на моренном суглинке. Плотность загрязнения почвы опытного участка ¹³⁷Cs – 5–7 Ки/км². Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: гумус – 2,0–2,2% (по Тюрину); рН_{KCl} – 6,0–6,1; Р₂O₅ – 190–200 мг/кг, K₂O – 160–170 мг/кг (по Кирсанову). Содержание калия и фосфора оптимально для минимизации перехода радионуклидов в растения. Схема опыта включала три уровня минерального питания: P₆₀K₉₀, N₃₀P₆₀K₉₀, N₆₀P₆₀K₉₀. Минеральные удобрения вносили весной перед посевом в первый год и перед началом вегетации в последующие годы жизни растений. Двойной суперфосфат и хлористый калий вносили перед посевом. Аммиачную селитру из расчета N₃₀ вносили весной и после первого укоса на варианте N₆₀P₆₀K₉₀ и однократно в начале вегетации на варианте N₃₀P₆₀K₉₀. Учетная площадь делянки – 25 м². Повторность в опыте четырехкратная. Бактериальное удобрение Азобактерин было внесено однократно

при проведении предпосевной бактериизации семян в виде торфяного препарата (титр $1,5 \times 10^{10}$ КОЕ/г). Поддерживающее внесение бактериального удобрения в последующие годы использования травостоя не проводили. Численность *A. brasiliense* определяли при высеве гомогената корней из соответствующих разведений на агаризованную среду DN, содержащую 0,004% индикатора конго красный. Подсчет колоний азоспирилл проводили после инкубации в термостате при 37 °C в течение трех суток [19].

Учет урожайности ежи сборной проводили в фазу начала цветения. Удельную активность растительных образцов по ^{137}Cs определяли на γ -спектрометре [16]. Результаты исследований обрабатывали методом дисперсионного анализа. Погодные условия в годы проведения исследований были близки к средним многолетним.

Лабораторный эксперимент. Растения выращивали в водной культуре на модифицированной питательной смеси Кнопа, разведенной водой в соотношении 1:10 [24]. Для посева использовали стерильные семена (10% перекись водорода в течение 30 мин и пары хлороформа – 5 мин). Количество питательной смеси – 150 мл на сосуд, количество растений в сосуде – 2. Для инокуляции в сосуды с питательной смесью вносили по 0,5 мл стандартизированной по мутности бактериальной суспензии. Контроль – чистая питательная смесь. Длительность эксперимента – 30 суток. Повторность в опыте шестикратная. Объем и массу корней, высоту и биомассу надземной части растений определяли в соответствии с общепринятыми методами [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение минеральных удобрений – калийных, фосфорных, азотных – повышает урожайность сельскохозяйственных культур, приводя к разбавлению концентрации радионуклидов в растениеводческой продукции. Внесение калийных удобрений, наряду с прибавкой урожайности и эффектом разбавления, ограничивает поступление ^{137}Cs в растения за счет антагонизма катионов цезия и калия в почвенном растворе. Внесение фосфорных удобрений также снижает содержание радионуклидов в продукции, так как они способствуют закреплению радионуклидов в почве [1, 2].

В отношении азота, который играет решающую роль в формировании урожая многолетних злаковых трав, складывается особая ситуация. С одной стороны, недостаток азота в почве приводит к снижению урожайности и, соответственно, к увеличению концентрации радионуклидов в кормовой продукции. С другой стороны, повышенные дозы азотных удобрений могут способствовать аккумуляции радионуклидов в урожае [1, 3]. В связи с этим в зоне радиоактивного загрязнения целесообразно использовать экологически безопасные заменители минеральных азотных удобрений – бактериальные удобрения, содержащие ассоциативные азотфикссирующие бактерии *Azospirillum brasiliense* B4485 [6]. Внесение азотфиксаторов обеспечивает улучшение азотного питания, позволяя частично снижать дозы минерального азота, а также повышает продуктивность многолетних злаковых трав, улучшает питательную ценность кормов [6, 12–15].

Эффективность Азобактерина на разных видах многолетних злаковых трав при разных условиях минерального питания. При изучении

2. Плодородие почв и применение удобрений

эффективности Азобактерина в одновидовых посевах тимофеевки луговой, овсяницы луговой, костреца безостого и ежи сборной на дерново-подзолистой супесчаной почве на фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$ установлено, что бактеризация достоверно повышала урожайность четырех изученных видов трав. Наиболее отзывчивыми на инокуляцию в среднем за 4 года исследований оказались кострец безостый и ежа сборная – при средней урожайности 62 и 56 ц/га средний уровень прибавок составил 10 и 9 ц/га сухой массы соответственно. Урожайность тимофеевки луговой и овсяницы луговой составила 48 и 40 ц/га, прибавки от Азобактерина – 7 и 5 ц/га сухой массы соответственно (рис. 1).

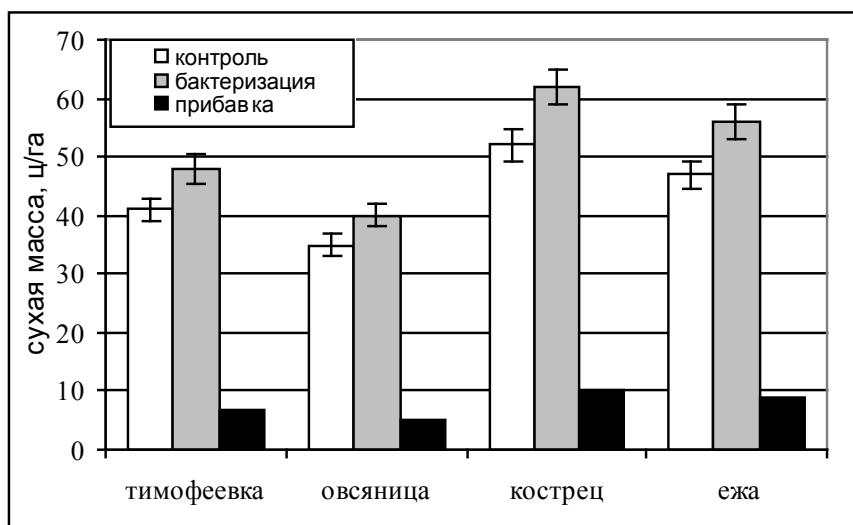


Рис. 1. Влияние Азобактерина (*A. brasiliense* B4485) на урожайность многолетних злаковых трав на дерново-подзолистой супесчаной почве ($N_{30}P_{60}K_{90}$)

Одним из основных факторов повышения урожайности при использовании микробных удобрений считается гормональный эффект [8, 9, 11]. При инокуляции азоспириллами обычно наблюдается изменение морфологии корней и корневых волосков, увеличение массы корней, числа и массы побегов [7–9, 22, 23]. Такие явления обычно связаны с действием ростовых веществ, продуцируемых микроорганизмами. Стимуляция развития корневой системы повышает способность инокулированных растений использовать элементы минерального питания и воду, приводя к повышению урожайности.

Лабораторные эксперименты с водными культурами растений позволили оценить действие азотфикссирующих бактерий *A. brasiliense* B4485 на развитие надземной части и корневой системы. *A. brasiliense* B4485 оказывали существенное стимулирующее действие на объем и сырую массу корней инокулированных растений: объем корней увеличивался на 30%, сырая масса – на 54%, высота растений повышалась в среднем на 8%, сырая масса надземной части – на 25% (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние *A. brasiliense* B4485 на развитие корневой системы и
надземной части инокулированных растений**

Штамм	Корневая система					
	объем корней		сырая масса		сухая масса	
	см ³	%	мг	%	мг	%
Контроль	0,099±0,005	100	112,5±17,5	100	6,3±1,2	100
<i>A. brasiliense</i>	0,129±0,013	130	173,3±12,5	154	9,6±1,2	152
Надземная часть						
	высота растения		сырая масса		сухая масса	
	см	%	мг	%	мг	%
Контроль	27,03±4,45	100	159±23	100	18±3	100
<i>A. brasiliense</i>	29,19±6,25	108	199±28	125	22±3	122

Одним из факторов положительного действия Азобактерина на урожайность и снижение аккумуляции радионуклидов в продукции является способность *A. brasiliense* B4485 фиксировать атмосферный азот в ассоциации с растениями многолетних трав. По литературным данным, эффективность азотфикссирующей ассоциации определяется генотипическими особенностями растений и свойствами штамма-азотфиксатора [7, 9, 10, 12, 14]. Это связано со спецификой корневых выделений растений, являющихся питательным субстратом для развития азотфиксаторов на корнях. Химический состав, количество и скорость выделения корневых метаболитов в ризосфере регулируют активность и длительность функционирования ассоциативной системы. Генотипические различия в корневой экссудации определяют вариабельность ассоциативной азотфиксации у различных видов и сортов растений.

Определение активности азотфиксации в ризоплане изученных многолетних злаковых трав показало, что применение Азобактерина сопровождалось значительным повышением нитрогеназной активности, уровень которой зависел от вида трав. В ризоплане костреца безостого и ежи сборной отмечена более высокая спонтанная нитрогеназная активность. При внесении Азобактерина азотфиксация в ризоплане костреца повысилась в 3,5 раза, ежи – в 3 раза. В ризоплане тимофеевки и овсяницы уровень как спонтанной, так и индуцированной азотфиксации был ниже (рис. 2). За счет Азобактерина азотфиксация в ризоплане тимофеевки возрасстала в 2,6 раза, овсяницы – в 2,4 раза. Экспериментальные данные подтверждают существенную роль генотипа растений в формировании ассоциаций и их активности. Азотфикссирующая (нитрогеназная) активность также находится в прямой зависимости от фотосинтетической деятельности макро-бионта и коррелирует с урожайностью.

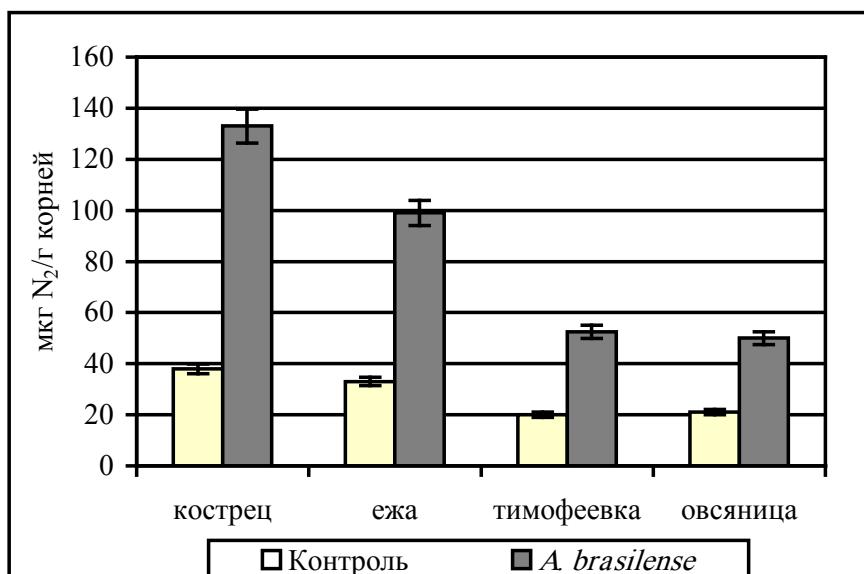


Рис. 2. Активность азотфиксации в ризоплане многолетних злаковых трав ($N_{30}P_{60}K_{90}$)

В микробной клетке процесс азотфиксации катализируется ферментным комплексом нитрогеназой и протекает по восстановительному типу, обеспечивая наличие восстановленных форм азота, среди которых преобладает аммонийная форма. Связывание аммония с кетоксикилами приводит к образованию аминокислот, которые поступают в корни и надземную часть растений и расходуются на синтез белка и других органических соединений.

В полевом эксперименте с четырьмя видами трав изучена способность *A. brasiliense* B4485 оказывать влияние на синтез белка в растениях. Установлено, что применение Азобактерина приводило к достоверному повышению содержания сырого протеина в урожае многолетних трав. Наиболее значимое повышение содержания белка отмечено в урожае костреца безостого – с 10,2 до 13,6% и ежи сборной – с 10,7 до 12,9% (табл. 2). Эти данные согласуются с тем, что в ризоплане костреца и ежи отмечен более высокий уровень азотфиксации, как спонтанной, так и за счет бактеризации, что указывает на взаимосвязь азотфиксирующего потенциала с процессами синтеза белка у разных представителей многолетних злаковых трав.

Таким образом, достоверное повышение содержания сырого протеина в урожае свидетельствует о реальном улучшении азотного питания многолетних трав при использовании Азобактерина.

Положительное действие целого ряда ассоциативных диазотрофов на качество урожая многолетних трав отмечается в исследованиях Российского НИИ сельскохозяйственной микробиологии. Установлено повышение содержания протеина в тимофеевке луговой, овсянице тростниковой, лисохвосте луговом, еже сборной, овсянице луговой и овсянице красной под действием *Arthrobacter*, *Aquaspirillum*, *Erwinia* и *Flavobacterium* [20, 21].

Таблица 2

Влияние *A. brasiliense* на показатели качества многолетних злаковых трав (в среднем за 3 года)

Содержание, % в сухом веществе	Тимофеевка луговая		Овсяница луговая		Кострец безостый		Ежа сборная		НСР ₀₅
	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>	
Протеин	9,5	11,1	9,3	11,0	10,2	13,6	10,7	12,9	1,26
P ₂ O ₅	0,65	0,85	0,62	0,74	0,70	0,87	0,62	0,72	0,03
K ₂ O	1,98	2,23	2,19	2,46	2,26	2,85	2,49	3,00	0,08
CaO	0,62	0,62	0,64	0,70	0,74	0,77	0,74	0,71	0,03
MgO	0,22	0,25	0,31	0,35	0,35	0,25	0,34	0,38	0,02

При использовании Азобактерина отмечена тенденция повышения содержания фосфора в сухом веществе многолетних трав (табл. 2), что может быть связано со способностью штамма азотфикссирующих бактерий *A. brasiliense* B4485 к активному растворению ортофосфатов кальция. [12]. Более существенное влияние ассоциативные бактерии *Azospirillum brasiliense* B4485 оказывали на содержание калия в растениях. Увеличение поступления калия в растения трав было сопряжено с улучшением азотного питания и повышением содержания азота и белка в результате внесения азотфикссирующих бактерий. При этом концентрация калия в урожае не превышала допустимых нормативов. Содержание кальция и магния в урожае многолетних трав практически не зависело от бактеризации (табл. 1).

При использовании Азобактерина отмечено снижение удельной активности всех испытуемых видов злаковых трав как по ¹³⁷Cs, так и по ⁹⁰Sr. Проявились также различия по способности к аккумуляции ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr разными видами злаковых трав.

Наиболее высокой удельной активностью по ¹³⁷Cs отличалась фитомасса костреца безостого (60 Бк/кг), далее в убывающем порядке – тимофеевки луговой (50 Бк/кг), ежи сборной (43,3 Бк/кг) и овсяницы луговой (36,7 Бк/кг) (табл. 3). Бактеризация *A. brasiliense* B4485 обеспечивала снижение удельной активности всех видов испытуемых злаковых трав в 1,2–1,6 раза. Степень снижения перехода радионуклида ¹³⁷Cs из почвы в фитомассу коррелировала с величиной прибавки урожайности от инокуляции (рис. 1). Наибольший положительный эффект отмечен для костреца безостого, тимофеевки луговой и ежи сборной, меньший – для овсяницы луговой.

Полевой эксперимент по бактеризации четырех видов трав показал, что применение ассоциативных азотфикссирующих бактерий *A. brasiliense* B4485

2. Плодородие почв и применение удобрений

в сочетании с невысокой дозой азота (N_{30}) улучшает азотное питание, стимулирует рост и снижает аккумуляцию ^{137}Cs в растениях многолетних злаковых трав. Учитывая зависимость степени снижения перехода ^{137}Cs из почвы в фитомассу от величины урожайности и прибавки от бактеризации, наиболее вероятным механизмом действия *A. brasiliense* B4485 является повышение продуктивности, обусловленное стимуляцией роста и улучшением азотного питания, и соответствующее разбавление радионуклида.

Многолетние злаковые травы различались также по способности к аккумуляции радионуклида ^{90}Sr . Наиболее высокой удельной активностью по ^{90}Sr отличалась сухая масса ежи сборной (37 Бк/кг), далее в убывающем порядке – костреца безостого (28 Бк/кг), тимофеевки луговой (20 Бк/кг) и овсяницы луговой (16 Бк/кг) (табл. 3). Бактеризация *A. brasiliense* B4485 также обеспечивала снижение удельной активности четырех испытуемых видов злаковых трав. Однако было отмечено, что в среднем за счет бактеризации удельная активность всех видов трав снижалась примерно в 2 раза. Так как степень снижения перехода радионуклида ^{90}Sr из почвы в фитомассу практически не зависела от величины прибавки урожайности, эффект разбавления радионуклида в данном случае нельзя считать единственным действующим фактором, связанным с применением Азобактерина. Следует принять во внимание и другие возможные факторы влияния несимбиотических диазотрофов. Тесно ассоциированные с корнями многолетних трав азотфиксирующие бактерии *A. brasiliense* B4485, очевидно, способны оказывать непосредственное влияние на переход ^{90}Sr из почвы в растения. Анализ литературных данных показывает, что наиболее вероятно сочетание эффекта разбавления с биосорбцией радионуклида. По результатам исследований российских ученых, оценивших способность ряда симбиотических и несимбиотических диазотрофов к иммобилизации радионуклидов и тяжелых металлов, наиболее активными в отношении иммобилизации радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr оказались азотфикссирующие бактерии рода *Azospirillum* [18, 19].

Таблица 3
Удельная активность сухой массы многолетних злаковых трав
по ^{137}Cs и ^{90}Sr (в среднем за 4 года)

Показатели	Тимофеевка луговая		Овсяница луговая		Кострец безостый		Ежа сборная	
	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>
Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг (НСР ₀₅ 6,7)	50,0	35,0	36,7	30,0	60,0	41,7	43,3	26,7
Удельная активность ^{90}Sr , Бк/кг (НСР ₀₅ 3,8)	20,0	9,0	16,0	9,0	28,0	15,0	37,0	20,0

Таким образом, при равных условиях минерального питания величина эффекта от Азобактерина и уровень аккумуляции радионуклидов в кormах зависит от генотипических особенностей трав, определяющих функционирование и активность азотфикссирующей ассоциации и соответствующее влияние на урожайность.

Эффективность Азобактерина на еже сборной при разных уровнях азотного питания. Многолетние исследования с азоспиреллами, проведенные в разных климатических зонах, показали, что наибольшая эффективность бактеризации отмечается при умеренных уровнях минерального азотного питания, от 30 до 60 кг/га в зависимости от возделываемой злаковой культуры и экологических условий [7–10].

В полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве изучена эффективность применения Азобактерина в зависимости от уровня минерального азотного питания. За счет предпосевной бактеризации семян урожайность сухой массы ежи на фоне РК-удобрений увеличивалась в среднем на 6,5 ц/га (17%), на фоне N_{30} РК – на 13,4 ц/га (16%), на фоне N_{60} РК – на 14 ц/га (19%) при урожайности без бактеризации 36,4, 72,0 и 91,2 ц/га соответственно (рис. 3).

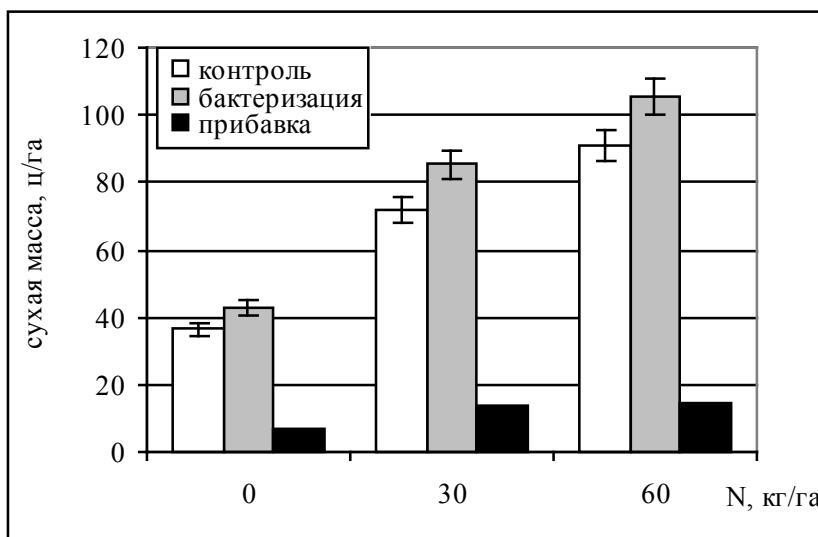


Рис. 3. Эффективность бактеризации семян ежи сборной Азобактерином в зависимости от уровня минерального азотного питания

Активность азотфиксации в ризоплане ежи сборной также существенно зависела от дозы азотного удобрения. При внесении Азобактерина нитрогеназная активность в ризоплане ежи на фоне РК-удобрений повышалась в 1,7 раза, на фоне N_{30} РК – в 3,4 раза, на фоне N_{60} РК – в 3,8 раза (табл. 4). По величине урожайности и активности азотфиксации в ризоплане можно считать, что на дерново-подзолистой супесчаной почве на моренном суглинке оптимальная доза минерального азота для ежи сборной – на уровне N_{60} . Это подтверждают и результаты определения содержания протеина в сухой массе ежи сборной.

2. Плодородие почв и применение удобрений

В среднем за три года лучшие показатели по содержанию протеина в сухом веществе ежи сборной получены на варианте $N_{60}PK +$ Азобактерин (14,6%), на варианте $PK +$ Азобактерин содержание протеина в урожае составило 13%, на варианте $N_{30}PK +$ Азобактерин – 13,4% (табл. 4).

Таблица 4

Влияние Азобактерина на азотфиксацию в ризоплане и содержание протеина в еже сборной при разных уровнях азотного питания

Показатель	PK		$N_{30}PK$		$N_{60}PK$	
	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>	контр.	<i>A. bras.</i>
N_2 фиксация, мкг/г корней (НСР ₀₅ 22,7)	45	77	76	260	88	334
Протеин, % (сух. в-во) (НСР ₀₅ 1,8)	8,6	13,0	10,2	13,4	11,6	14,6

Применение бактериального удобрения, содержащего азотфикссирующие бактерии *A. brasiliense* B4485, обеспечивало снижение удельной активности сухой массы ежи сборной при разных уровнях азотного питания (рис. 4).

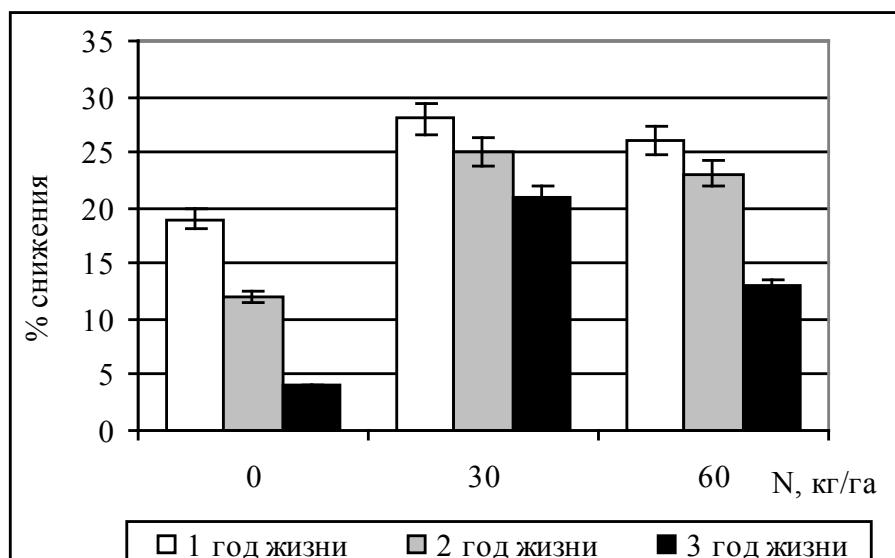


Рис. 4. Влияние возраста ежи сборной на уровень снижения содержания ^{137}Cs в сухой массе при использовании Азобактерина

Степень снижения концентрации ^{137}Cs в сухой массе коррелировала с величиной урожайности и прибавкой от бактеризации, указывая на эффект разбавления радионуклида. Наибольший уровень снижения аккумуляции ^{137}Cs под действием предпосевной инокуляции семян Азобактерином отмечали, как правило, в первый год жизни травостоя. С увеличением возраста травостоя эффективность бактеризации снижалась. В первый год жизни травостоя снижение удельной активности ^{137}Cs в сухой массе составляло на фонах РК, $\text{N}_{30}\text{-PK}$ и $\text{N}_{60}\text{-PK}$ – 19, 28 и 26%, во второй год – 12, 25 и 25%, в третий год – 4, 21 и 13% соответственно. В течение трех лет жизни травостоя лучшие показатели снижения удельной активности ежи сборной отмечены на варианте $\text{N}_{30}\text{-PK} + \text{Азобактерин}$.

Одной из причин снижения эффективности бактериального удобрения по мере увеличения возраста травостоя, очевидно, является естественное уменьшение численности ассоциативных бактерий в корневой зоне. В течение четырех лет жизни ежи сборной изучали популяционную динамику интродуцированных бактерий в условиях конкуренции с резидентными микроорганизмами. Наиболее высокая численность бактерий в ризоплане ежи сборной отмечена в первый и второй годы жизни – 9200 и 830 тыс. КОЕ/г корней, на третий и четвертый годы жизни травостоя плотность популяции постепенно снижалась до 25 и 4,2 тыс. КОЕ/г корней.

ВЫВОДЫ

Применение Азобактерина в одновидовых посевах многолетних злаковых трав на загрязненной радионуклидами дерново-подзолистой супесчаной почве при равных условиях минерального питания повышало урожайность и снижало содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в сухой массе трав за счет эффекта разбавления. Наибольший эффект от инокуляции получен на костреце безостом и еже сборной – при средней урожайности 62 и 56 ц/га прибавки от Азобактерина составили 10 и 9 ц/га сухой массы; урожайность и прибавки от бактеризации тимофеевки луговой и овсяницы луговой были ниже и составили 48 и 40 ц/га, 7 и 5 ц/га сухой массы соответственно.

Основные факторы повышения урожайности трав и снижения содержания радионуклидов в кormах при использовании Азобактерина – улучшение минерального питания, обусловленное гормональным действием *A. brasiliense* B4485, которое выражалось в увеличении объема корней на 30%, их сырой массы – на 54% и массы надземной части растений – на 25%, а также повышение эффективности ассоциативной азотфиксации (в ризоплане костреца – в 3,5 раза, ежи – в 3 раза, тимофеевки – в 2,6 раза, овсяницы – в 2,4 раза). Реальный вклад азотфиксации в азотное питание подтверждается соответствующим повышением содержания белка в урожае трав: костреца – с 10,2 до 13,6%, ежи – с 10,7 до 12,9%, тимофеевки – с 9,5 до 11,1%, овсяницы – с 9,3 до 11%.

Генотипические особенности трав обусловили различия по реакции на инокуляцию Азобактерином – по активности азотфиксации в ризоплане, по величине урожайности, а также различия по аккумуляции радионуклидов в урожае. Наиболее высокая удельная активность ^{137}Cs отмечена в фитомассе костреца безостого (60 Бк/кг), далее в убывающем порядке – тимофеевки луговой (50 Бк/кг), ежи сборной (43,3 Бк/кг) и овсяницы луговой (36,7 Бк/кг). Применение

2. Плодородие почв и применение удобрений

Азобактерина обеспечивало снижение удельной активности ^{137}Cs в 1,2–1,6 раза, степень снижения коррелировала с величиной прибавки урожайности от инокуляции, наибольший положительный эффект отмечен для костреца безостого, тимофеевки луговой и ежи сборной.

Установлены различия по аккумуляции радионуклида ^{90}Sr в урожае трав, наиболее высокой удельной активностью ^{90}Sr отличалась сухая масса ежи сборной (37 Бк/кг), далее в убывающем порядке – костреца безостого (28 Бк/кг), тимофеевки луговой (20 Бк/кг) и овсяницы луговой (16 Бк/кг). Внесение Азобактерина обеспечивало двукратное снижение аккумуляции ^{90}Sr в урожае трав независимо от прибавки от инокуляции, указывая, что в отношении ^{90}Sr эффект разбавления не является единственным действующим фактором, связанным с применением *A. brasiliense* B4485.

В полевом опыте с ежой сборной на дерново-подзолистой супесчаной почве установлена эффективность Азобактерина при разных уровнях минерального азотного питания (0, 30, 60 кг/га). По показателям урожайности сухой массы (105,6 ц/га), прибавки от бактеризации (14,4 ц/га), повышению активности азотфиксации в ризоплане (в 3,8 раза) и содержания протеина в продукции (14,6%) оптимальная доза минерального азота – N_{60} .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богдевич, И.М. Итоги и перспективы агрохимических защитных мер на загрязненных радионуклидами землях Беларуси / И.М. Богдевич // Весці ААН РБ. – 2011. – № 4. – С. 27–39.
2. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2003. – 71 с.
3. Алексахин, Р.М. Поведение цезия 137 в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, М.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–128.
4. Богдевич, И.М. Эффективность и перспективы защитных мер на загрязненных радионуклидами землях Беларуси // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26–30 июля 2010 г.: в 2 ч. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – Ч. 1. – С. 26–28.
5. Размеры накопления цезия 137 и стронция 90 видами и сортами сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.] // Весці ААН РБ. – 2001. – № 2. – С. 40–45.
6. Штамм ассоциативных азотфиксирующих бактерий *Azospirillum brasiliense* B4485 для обработки семян зерновых культур и многолетних злаковых трав: пат. 4632 Респ. Беларусь / В.Н. Нестеренко, Л.А. Карягина, Т.Б. Барашенко, Н.А. Михайловская, Н.А. Курилович, Г.В. Мороз; заявитель Ин-т почвоведения и агрохимии. – № 970432; заявл. 05.08.97 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2002. – № 3. – С. 90.
7. Okon, Y. Agronomic application of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation / Y. Okon, C.A. Labandera-Gonzalez // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26. – P. 1591–1601.

8. Recent advances in BNF with nonlegume plants / J.I Baldani [et al.] // Soil. Biol. Biochem. – 1997. – Vol. 29. – P. 911–922.
9. Kennedy, I.R. Biological nitrogen fixation in nonleguminous field crops: recent advances / I.R. Kennedy, Y. Tchan // Plant Soil. – 1992. – Vol. 141. – P. 93–118.
10. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum* / S. Dobbelaere [et al.] // Australian J. of Plant Physiology. – 2001. – Vol. 28. – P. 871–879.
11. Михайловская, Н.А. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н.А. Михайловская, О. Миканова, Т.Б. Барашенко, Т.В. Барашенко // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 225–231.
12. Способ повышения продуктивности многолетних трав: пат. 8239 Респ. Беларусь / Н.А. Михайловская, Н.Н. Курилович, Л.Н. Лученок, Л.А. Юрко, С.В. Дюсова; заявитель Ин-т почвоведения и агрохимии. – № а 20010740; заявл. 28.08.01; 20.04.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 3(50). – С. 82.
13. Михайловская, Н.А. Влияние способа применения Азобактерина на продуктивность многолетних злаковых трав на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 2(37). – С. 136–143.
14. Эффективность бактеризации разных видов многолетних злаковых трав *Azospirillum brasiliense* / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1(36). – С. 202–207.
15. Эффективность бактеризации ежи сборной *Azospirillum brasiliense* B4485 на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвенные исследования и применение удобрений: сб. науч. тр. – Минск, 2004. – Вып. 28. – С. 217–222.
16. МИ 214391 «Государственная система обеспечения единства измерений. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре». – 28.12.1990 г. – Минск, 1990.
17. Методические указания по определению содержания ^{90}Sr в почвах и растворениях / В.А. Кузнецов [и др.]. – М.: ЦИНАО. – 64 с.
18. Belimov, A.A. Tolerance to and immobilization of heavy metals and radionuclides by nitrogen fixing bacteria / A.A. Belimov, A.M. Kunakova, V.F. Dritchko // Nitrogen Fixation: Fundamentals and application Proceedings of the 10th International Congress on Nitrogen Fixation, St. Petersburg, Russia, May, 28 – June, 3, 1995. – P. 163.
19. Effect of inoculation with nitrogen fixing bacteria on heavy metals and radio-nuclides uptake by the plants grown in contaminated soils / A.P. Kozhemyakov [et al.] // Nitrogen Fixation: Fundamentals and application Proceedings of the Nitrogen Fixation, St. Petersburg, Russia, May, 28 – June, 3, 1995. – P. 765.
20. Влияние минерального питания на эффективность бактеризации овсяницы луговой *Azospirillum brasiliense* B4485 / Н.А. Михайловская [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 6. – С. 15–17.
21. Способ снижения аккумуляции радионуклидов в многолетних злаковых травах: пат. 11943 Респ. Беларусь / Н.А. Михайловская, И.М. Богдевич, П.И. Шкуринов; заявитель Ин-т почвоведения и агрохимии. – № а 20080035; заявл. 10.01.08; опубл. 24.02.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 3(68). – С. 169.

2. Плодородие почв и применение удобрений

22. Kapulnik, Y. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation / Y. Kapulnik, Y. Okon, Y. Henis // Can. J. Microbiol. – 1985. – Vol. 31. – P. 881–887.
23. Нестеренко, В.Н. Использование ассоциативных микроорганизмов для повышения урожая ячменя и многолетних злаковых трав: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / В.Н. Нестеренко; БелНИИПА. – Минск, 1994. – 16 с.
24. Алешин, Е.П. Физиология растений / Е.П. Алешин, А.А. Пономарев. – М., 1985. – С. 153.

EFFECT OF BIOFERTILIZER AZOBACTERIN ON YIELD, QUALITY AND ACCUMULATION OF ^{137}Cs и ^{90}Sr RADIONUCLIDES IN PERENNIAL GRASSES

N.A. Mikhailovskaya, T.B. Barashenko, S.V. Dyusova, P.T. Pikun, G.V. Zhila

Summary

It was shown in the field experiments that the application of biofertilizer Azobacterin (*A. brasiliense* B4485) on contaminated Luvisol loamy sand soils resulted in the increase of perennial grasses yield and reduction of ^{137}Cs and ^{90}Sr accumulation in dry mass of grasses. Main factors of positive Azobacterin influence on perennial grass quality were discussed.

Поступила 22.04.14

УДК 631.81.095.337:633.432

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ И ОРОШЕНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ ПРИ РАННИХ И ПОЗДНИХ СРОКАХ УБОРКИ

Г.В. Пироговская¹, Д.Г. Мысливец¹, И.М. Почицкая²

¹*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

²*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию, г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Наращение экологической нагрузки на человека требует особого питания, а овощи выступают как важнейшие поставщики витаминов, пектиновых веществ и активной клетчатки, минеральных элементов щелочного характера, органических

кислот и углеводов, улучшающих пищеварение, а также снижающих всасывание вредных веществ [1, 2].

Основные питательные вещества в овощах представлены углеводами. Они составляют почти 90% от общего количества сухих веществ. Большую часть углеводов составляют растворимые сахара, а также балластные вещества (клетчатка, пектини, целлюлоза). Особое значение имеют пектини. Пектинами богаты фрукты и овощи, однако их лечебное значение значительно снижается из-за повышенной кислотности, что нежелательно при многих заболеваниях желудка. Содержащиеся в овощах органические кислоты преимущественно связаны с катионами и присутствуют в виде солей. От 70 до 85% всех кислот в моркови составляет яблочная [3].

Витаминная ценность моркови в первую очередь обусловлены высоким содержанием каротинов, функции которых чрезвычайно разнообразны. Одна из важнейших функций каротиноидов – А-провитаминная активность. Физиологическое значение моркови и особая ценность в питании человека обусловлены высоким содержанием в корнеплодах провитамина А – каротина, его биологически активной части альфа- и бета-каротина. Ежедневное включение моркови в пищу человека в пределах суточной дозы витамина А (3300 МЕ, соответствующее 1 мг чистого витамина или 2 г каротина) способствует профилактике многих болезней, в том числе и онкологических.

Известно, что химический состав растительного сырья постоянно меняется, что обусловлено составом воды, характером и структурой почв, качеством и количеством вносимых удобрений. Применение комплексных удобрений и орошения может повлиять на основные биохимические характеристики сырья и, следовательно, пищевую ценность готовых продуктов, в том числе на содержание в них питательных веществ и витаминов [4].

Особую актуальность в настоящее время приобретают исследования влияния минеральных удобрений и орошения на качество продукции овощных культур, в том числе и биохимические показатели качества корнеплодов моркови, что и явилось предметом наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований (2011–2013 гг.) являлась морковь гибрид Рига RZ F1, включенный в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь в 2004 г. Это высокоурожайный гибрид типа берликумер, пригодный для употребления в свежем виде и для переработки, длительного хранения. От всходов до уборки 110 дней. Ботва очень прочная, что делает этот гибрид пригодным для механизированной уборки. Корнеплод длиной 18–20 см. Корнеплод гладкий, цилиндрической формы, с тупым кончиком. Устойчив к альтернариозу [5].

Предмет исследований:

– комплексные (хлорсодержащие и бесхлорные) удобрения с добавками (серы, бор, медь) и биологически активными веществами (регуляторы роста растений – Эпин и Гидрогумат), в том числе и медленнодействующие – для основного внесения в почву;

2. Плодородие почв и применение удобрений

– азотно-серосодержащие удобрения с добавками на фоне РК – для основного внесения в почву.

В полевых опытах комплексные удобрения с модифицирующими добавками и азотно-серосодержащие вносились в разных дозах в один прием в предпосевную культивацию: $N_{70}P_{50}K_{95}$, $N_{90}P_{64}K_{122}$ и $N_{110}P_{78}K_{149}$ (хлорсодержащие); $N_{90}P_{48}K_{104}$ (бесхлорные); азотно-серосодержащие N_{90} на фоне $P_{64}K_{122}$.

В качестве базовых вариантов при возделывании моркови применяли стандартные удобрения, в частности: азотные – карбамид или КАС стандартный, фосфорные – аммонизированный суперфосфат (марки 8:30) и калийные – гранулированный хлористый калий, которые вносились также под предпосевную культивацию. При расчете доз азотных удобрений учитывалась и доза азота, внесенная с аммонизированным суперфосфатом.

Исследования проводились (2011–2013 гг.) в полевых опытах на дерново-подзолистой, оглеенной внизу, рыхлосупесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, сменяемой связным песком, подстилаемым с глубины 1,1–1,15 м рыхлой супесью, почве в фермерском хозяйстве «Горизонт» Мостовского района Гродненской области.

Агрохимические показатели пахотного слоя дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы следующие: pH в KCl слабокислая (5,8–5,9), высокое содержание подвижного P_2O_5 – более 400 мг/кг почвы и повышенное содержание K_2O (по Кирсанову) – 244–265 мг/кг почвы, среднее содержание обменного кальция – 834–1011, магния – 138–161 и серы – 6,4–8,4 мг/кг почвы, низкое содержание гумуса – 1,01–1,34%. Средняя обеспеченность почвы по содержанию подвижных соединений бора (0,6 мг/кг почвы, вытяжка H_2O), подвижной меди (2,2–3,0 мг/кг, вытяжка 1,0 M HCl) и марганца (1,8–2,2 мг/кг почвы, вытяжка 1,0 M KCl) при высоком содержании цинка (7,9–9,9 мг/кг почвы, вытяжка 1,0 M HCl).

Площадь делянок в полевых опытах в 2011–2013 гг. составляла 35 м² (7x5), учетная площадь – 12 м². При ранних сроках уборки моркови (август) учетная площадь делянок составляла 5 м². Повторность вариантов – 4-кратная.

Капельное орошение проводилось с помощью лент для капельного орошения T-Tape, производства компании JOHN DEERE Water S.A.S. Диаметр ленты составляет 16 мм, толщина стенки – 125 микрон, расстояние между капельницами (водосливами) – 10 см.

Уборка моркови проводилась в два этапа: уборка на раннюю реализацию (18.08.2011 г., 23.08.2012 г., 21.08.2013 г.); позднюю – (15.10.2011 г., 20.10.2012 г., 20.10.2013 г.).

Аналитическая обработка экспериментальных данных, полученных в опыте, выполнялась по общепринятым методикам.

Качество корнеплодов моркови оценивалось по следующим биохимическим показателям: содержание каротина, витамина С, растворимых сахаров, органических кислот и пектиновых веществ.

Содержание каротина (в расчете на β-каротин) определялось по ГОСТ 8756.22–80 [6], витамина С – с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием хроматографа Agilent 1200 по МВИ. МН 3625–2010 [7], массовая доля растворимых сухих веществ (растворимые сахара) – рефрактометрическим методом по ГОСТ 28562–90 [8], массовая доля титруемых кислот (органические кислоты) – потенциометрическим титрованием

по ГОСТ 25555.0–82 [9] и массовая доля пектиновых веществ – по ГОСТ 29059–91 [10].

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову [11] с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на ПЭВМ, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы по годам и блокам.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что как при ранних (табл. 1), так и поздних (табл. 2) сроках уборки моркови качественные показатели корнеплодов различались в зависимости от года исследований, количества выпадающих атмосферных осадков, форм и доз применяемых удобрений.

Установлено, что в годы исследований при ранних сроках уборки моркови в 2012 г. (за вегетационный период возделывания моркови) ГТК составил 1,44 и был близок к среднемноголетнему – 1,58, в 2013 г. ГТК = 1,83 (влажный). Количество атмосферных осадков за июль–август (которые в основном оказывали влияние на качество корнеплодов моркови при ранних сроках уборки) в 2012 г. составило 142,4 мм, сумма температур выше 10 °C – 592,5 °C, в 2013 г. – 106,5 мм и 552,0 °C при среднемноголетних показателях – 152,0 мм и 533,2 °C.

Содержание каротина в контрольных вариантах без удобрений в среднем за два года исследований составило 5,2 мг/100 г. В вариантах с применением стандартных минеральных удобрений (базовый вар. 1) и комплексного удобрения без добавок (марка 14–10–19) данный показатель увеличился до 5,7 мг/100 г. Внесение аналогичной марки комплексного хлорсодержащего удобрения NPK с S; B, Cu в дозах $N_{70}P_{50}K_{95}$, $N_{90}P_{64}K_{122}$, $N_{110}P_{78}K_{149}$ обеспечило содержание каротина при первой дозе – 5,8, второй – 6,4 и третьей – 7,3 мг/100 г. При внесении медленнодействующих форм NPK с S; B, Cu и NPK с S, B в дозе $N_{90}P_{64}K_{122}$ содержание каротина составило 6,4 мг/100 г. (табл. 1).

Внесение азотно-серосодержащих удобрений (NS=20–4) без добавок (базовый вар. 2) и NS(20–4) с B, Cu (в хелатной форме) в дозе N_{90} на фоне $P_{64}K_{122}$ позволило получить содержание каротина на уровне 6,3 и 7,1 мг/100 г соответственно.

Самое высокое содержание каротина было получено в вариантах с применением комплексных бесхлорных удобрений ($N_{90}P_{48}K_{104}$) как без модифицирующих добавок, так и с добавками – от 7,3 до 7,5 мг/100 г. При этом максимальное его содержание наблюдалось с NPK с Mg, S, B, Cu и регулятором роста растений Эпин.

Что касается содержания витамина С, то его значения были самые высокие в 2012 г. (от 3,1 до 3,8 мг/100 г в зависимости от вариантов опыта), а в 2013 г. – очень низкие (от 0,7 до 1,7 мг/100 г), а в среднем за два года его содержание по вариантам опыта различалось незначительно и находилось в пределах от 2,1 до 2,6 мг/100 г.

Содержание растворимых сахаров в корнеплодах моркови имело обратную закономерность по сравнению с накоплением витамина С, т.е. максимальное их количество (от 8,6 до 11,8%) наблюдалось во влажном 2013 г. по сравнению с 2012 г. (от 5,0 до 5,8%).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Накопление органических кислот в корнеплодах моркови не различалось по вариантам опыта и в 2012 г. находилось во всех вариантах на одном уровне (0,2%), а в 2013 г. – 0,1%. Пектиновые вещества в 2012 г. составили на контролльном варианте без удобрений – 0,6%, в 2013 г. – 0,8, а в среднем за два года – 0,7%, соответственно в вариантах с различными формами и дозами изучаемых удобрений – от 0,5 до 0,7% (2012 г.) и от 0,6 до 1,0% (2013 г.) и в среднем – от 0,6 до 0,8%.

Оценка изучаемых форм удобрений на биометрические показатели качества корнеплодов моркови при поздних сроках уборки рассмотрены на примере 2011 г. ($\Gamma\text{TK} = 1,38$) и 2012 г. ($\Gamma\text{TK} = 1,44$). Экспериментальные данные показывают, что в среднем за 2011–2012 гг. в контрольных вариантах без удобрений наблюдалось самое низкое содержание каротина (7,3 мг/100 г.). В вариантах с применением стандартных минеральных удобрений и комплексного удобрения без добавок его содержание увеличивалось до 7,5 и 7,6 мг/100 г. Внесение NPK с S, B, Cu в дозах $N_{70}P_{50}K_{95}$, $N_{90}P_{64}K_{122}$, $N_{110}P_{78}K_{149}$ обеспечивало повышение содержания каротина соответственно до 8,9, 8,9 и 10,8 мг/100 г. Данные показывают, что при поздних сроках уборки максимальное содержание каротина получено при внесении высокой дозы $N_{110}P_{78}K_{149}$. При внесении медленнодействующих форм NPK с S, B, Cu и NPK с S, B ($N_{90}P_{64}K_{122}$) содержание каротина составляло 9,5 и 7,5 мг/100 г (табл. 2).

При внесении азотно-серосодержащих удобрений без добавок и NS с B, Cu (в хелатной форме) в дозе N_{90} на фоне $P_{64}K_{122}$ содержание каротина было на уровне 9,5 и 9,8 мг/100 г.

Комплексные бесхлорные удобрения как без модифицирующих добавок, так и с добавками в дозе $N_{90}P_{48}K_{104}$ обеспечили содержание каротина в пределах от 9,6 до 10,1 мг/100 г.

Содержание витамина С на контроле составило в 2011 г. – 4,9, в 2012 г. – 3,4, а в среднем за два года – 4,2 мг/100 г. В вариантах с применением стандартных минеральных удобрений и комплексного удобрения без добавок его содержание (по средним данным за два года) увеличивалось до 4,3 и 4,9 мг/100 г. Внесение разных доз ($N_{70-110}P_{50-78}K_{95-149}$) и форм NPK с S, B, Cu и NPK с S, B обеспечивало накопление содержания витамина С в пределах от 4,3 до 5,4 мг/100 г. При внесении азотно-серосодержащих удобрений без добавок и NS с B, Cu его содержание было на уровне 4,7 и 5,1 мг/100 г. Комплексные бесхлорные удобрения обеспечили одинаковый уровень содержания витамина С – 4,1 мг/100 г.

Содержание растворимых сахаров в корнеплодах моркови при поздних сроках уборки в 2012 г. было более высоким (в 1,25–2,13 раза) по сравнению с 2011 г. В вариантах с применением стандартных туков их содержание (по средним данным за два года) составило 9,6%. При внесении комплексного удобрения без добавок и разных доз и форм комплексных хлорсодержащих с различными модифицирующими добавками оно было в пределах от 7,4 до 8,5%, азотно-серосодержащих удобрений без добавок и с добавками B и Cu – 7,7–8,1%, комплексных бесхлорных – от 7,1 до 7,8%.

Содержание органических кислот было максимальным в 2011 г. (от 0,2 до 0,4%), в 2012 г. – было очень низким и одинаковым на всех вариантах (0,1%), а в среднем за два года в зависимости от вариантов опыта оно было на уровне 0,2%.

Пектиновые вещества в 2011 г. составили на контрольном варианте без удобрений 0,7%, в 2012 г. – 0,8, в среднем за два года – 0,8%. Соответственно в вариантах со стандартными туками – 0,6, 0,8 и 0,7%, с различными формами и дозами комплексных хлорсодержащих удобрений – 0,7–0,8, 0,8–1,1 и 0,8–1,0%, с азотно-серосодержащими – 0,9%, комплексными бесхлорными – 0,6–0,7, 0,9–1,1 и 0,8–0,9% (табл. 2).

Если сравнивать качественные показатели при ранних сроках уборки с поздними (на примере 2012 г.), то следует отметить, что содержание каротина к концу сентября-началу октября увеличивалось в 1,03–1,81 раза в зависимости от вариантов опыта, содержание витамина С – в 1,03–1,19 раза, растворимых сахаров – в 1,50–2,43 раза, пектиновых веществ – в 1,33–2,18 раза, а содержание органических веществ уменьшалось во всех вариантах в 2 раза (табл. 1–2).

Оценка комплексного влияния удобрений и капельного орошения на накопление вышеуказанных качественных показателей корнеплодов моркови при ранних и поздних сроках уборки приведена в таблицах 3, 4.

Установлено, что капельное орошение в годы исследований при ранних сроках уборки моркови (по средним данным за 2012–2013 гг.) оказывало преимущественно положительное влияние на увеличение в корнеплодах каротина (в 1,03–1,37 раза), витамина С (в 1,05–1,38 раза), растворимых сахаров (в 1,04–1,27 раза) и пектиновых веществ (в 1,13–1,14 раза) по сравнению с аналогичными вариантами, но без орошения. При этом не установлено влияния как удобрений, так и орошения на изменение содержания органических кислот по вариантам опыта. Этот показатель в вариантах как без орошения, так и с орошением находился на уровне 0,2% (табл. 3).

При поздних сроках уборки моркови наблюдалась аналогичная закономерность по улучшению качества корнеплодов под действием капельного орошения в основном по содержанию каротина (увеличение в 1,04–1,35 раза), витамина С (в 1,07–1,24 раза), растворимых сахаров (в 1,01–1,14 раза) и пектиновых веществ (в 1,11–1,43 раза). Содержание органических кислот также не изменилось под влиянием орошения (табл. 4.).

Полученные результаты показывают, что поздние сроки уборки моркови, а также капельное орошение положительно отражаются на накоплении каротина, витамина С, сахаров и пектиновых веществ. Увеличение питательных веществ характеризует процесс созревания корнеплодов. При созревании сырья происходит накопление органических веществ, которые под действием ферментов подвергаются биохимическим превращениям и положительно влияют на качество продукции. Аналогичные подтверждения получены и другими исследованиями [12].

Экспериментальные данные свидетельствуют о целесообразности уборки моркови в оптимальные сроки с возможностью изготовления из нее продукции наилучшего качества. Продукция из моркови поздних сроков уборки будет отличаться более высоким содержанием питательных веществ (сахаров, витаминов, пектиновых веществ).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Влияние удобрений на биохимические показатели качества корнеплодов моркови при ранних сроках уборки, 2012–2013 гг.

Таблица 1

Вариант	Каротин, мг/100 г		Витамин С, мг/100 г		Растворимые сахара, %		Органические кислоты, %		Пектиновые вещества, %	
	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
1. Контроль без удобрений	5,2	5,2	3,2	1,2	2,2	5,4	9,3	7,4	0,2	0,1
2. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (смесь удобрений – карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) – базовый 1	6,8	4,5	5,7	3,6	0,7	2,2	5,3	9,7	0,2	0,1

NPK 14–10–19 (хлоросодержащее)

2. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (комплексное без добавок)	6,6	4,7	5,7	3,6	0,8	2,2	5,4	8,6	7,0	0,2	0,1	0,2	0,6	0,6	0,6
3. $N_{70}P_{50}K_{95}$ (NPK c S, B, Cu)	6,7	4,8	5,8	3,8	1,1	2,5	5,7	8,8	7,3	0,2	0,1	0,2	0,6	0,9	0,8
4. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B, Cu)	7,7	5,1	6,4	3,2	0,9	2,1	5,6	11,8	8,7	0,2	0,1	0,2	0,6	0,8	0,7
5. $N_{110}P_{78}K_{149}$ (NPK c S, B, Cu)	8,3	6,3	7,3	3,1	1,0	2,1	5,3	10,0	7,7	0,2	0,1	0,2	0,5	1,0	0,8
6. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B, Cu медленно действующее)	5,7	7,1	6,4	3,3	1,4	2,4	5,0	9,5	7,3	0,2	0,1	0,2	0,5	0,8	0,7
7. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B медленно действующее)	4,5	8,2	6,4	3,4	1,7	2,6	5,8	9,8	7,8	0,2	0,1	0,2	0,6	0,7	0,7

Окончание табл. 1

Вариант*	Каротин, мкг/100 г		Витамин С, мкг/100 г		Расторимые сахара, %		Органические кислоты, %		Пектиновые вещества, %	
	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
NS (20–4) на фоне РК										
11. N ₉₀ (NS=20–4) + P ₆₄ K ₁₂₂ – базовый 2	6,6	6,0	6,3	3,6	1,3	2,5	5,6	10,1	7,9	0,2
12. N ₉₀ (NS=20–4) с В, Cu (в хелат- ной форме) + P ₆₄ K ₁₂₂	7,9	6,2	7,1	3,7	1,5	2,6	5,7	10,9	8,3	0,2

NPK 14–7,5–16 (бесхлорное)

13. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ комплексное бесхлор- ное без добавок – базовый 3	7,6	7,0	7,3	3,1	1,0	2,1	5,3	9,5	7,4	0,2
13'. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu, бесхлорное)	7,4	7,1	7,3	3,2	1,2	2,2	5,6	9,9	7,8	0,2
14. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu и регулятором роста растений Эпин)	7,2	7,8	7,5	3,4	1,6	2,5	5,7	11,5	8,6	0,2
HCP ₉₅	0,34	0,31	0,33	0,20	0,06	0,15	0,26	0,48	0,39	–

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 2
Влияние удобрений на биохимические показатели качества корнеплодов моркови при поздних сроках уборки, 2011–2012 г.

Вариант*	Каротин, мг/100 г		Витамин С, мг/100 г		Растворимые сахара, %		Органические кислоты, %		Пектиновые вещества, %	
	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
1. Контроль без удобрений	7,8	6,8	7,3	4,9	3,4	4,2	6,5	8,1	7,3	0,3
2. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (смесь удобрений – карбамид, аммонийзированый – суперфосфат, хлористый калий) – базовый 1	8,0	7,0	7,5	4,7	3,9	4,3	6,3	12,9	9,6	0,3

NPK 14–10–19 (хлоросодержащее)

2'. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (комплексное без добавок)	8,1	7,1	7,6	5,9	3,8	4,9	4,9	9,9	7,4	0,3
3. $N_{70}P_{50}K_{35}$ (NPK c S, B, Cu)	9,4	8,4	8,9	6,6	4,1	5,4	4,8	10,1	7,5	0,3
4. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B, Cu)	10,2	7,6	8,9	4,8	3,8	4,3	5,7	9,5	7,6	0,3
5. $N_{110}P_{78}K_{149}$ (NPK c S, B, Cu)	12,4	9,1	10,8	6,3	3,1	4,7	6,2	10,8	8,5	0,4
6. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B, Cu медленно действующее)	8,6	10,3	9,5	6,0	3,4	4,7	6,5	8,9	7,7	0,3
7. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B медленно действующее)	7,9	7,0	7,5	5,7	3,7	4,7	5,7	9,1	7,4	0,3

Окончание табл. 2

Вариант*	Каротин, мкг/100 г	Витамин С, мкг/100 г	Растворимые сахара, %	Органические кислоты, %	Пектиновые вещества, %		
					2011 г. среднее	2012 г. среднее	2011 г. среднее
NS (20–4) на фоне РК							
11. N ₉₀ (NS=20–4) + P ₆₄ K ₁₂₂ – базовый 2	9,6	9,4	9,5	5,7	3,7	4,7	6,3
12. N ₉₀ (NS=20–4) с В, Cu (в хелат- ной форме) + P ₆₄ K ₁₂₂	9,8	9,7	9,8	6,8	3,4	5,1	6,4
NPK 14–7,5–16 (бесхлорное)							
13. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ комплексное бесхлор- ное без добавок – базовый 3	10,9	8,2	9,6	4,8	3,3	4,1	6,1
13'. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu, бесхлорное)	11,5	8,5	10,0	4,8	3,4	4,1	6,2
14. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu и регулятором роста растений Эпин)	11,8	8,3	10,1	4,7	3,4	4,1	6,4
HCP ₀₆	0,26	0,30	0,28	0,18	0,15	0,17	0,15

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3

Влияние удобрений и орошения на биохимические показатели качества корнеплодов моркови при ранних сроках уборки (средние данные за 2012–2013 гг.)

Варианты	Каротин, мг/100 г	Витамин С, мг/100 г	Растворимые сахара, %	Органические кислоты, %	Пектиновые вещества, %
	без оптимизации	с оптимизацией +, - к оптимизации	без оптимизации	с оптимизацией +, - к оптимизации	без оптимизации
1. Контроль без удобрений	5,2	7,1	1,9	2,2	0,0
2. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (смесь удобрений – карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) – базовый 1	5,7	7,7	2,1	2,2	0,1
					NPK 14-10-19 (хлоросодержащее)
2'. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (комплексное без добавок)	5,7	6,1	0,4	2,2	0,1
3. $N_{70}P_{50}K_{35}$ (NPK c S, B, Cu)	5,8	6,3	0,5	2,5	3,1
4. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B, Cu)	6,4	7,3	0,9	2,1	2,9
5. $N_{110}P_{78}K_{149}$ (NPK c S, B, Cu)	7,3	7,8	0,5	2,1	2,0
6. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B, Cu медленнодействующее)	6,4	6,7	0,3	2,4	2,4
7. $N_{90}P_{64}K_{122}$ (NPK c S, B медленно-действующее)	6,4	6,9	0,5	2,6	2,3

Окончание табл. 3

Варианты	Каротин, мг/100 г	Витамин С, мг/100 г	Растворимые сахара, %	Органические кислоты, %	Пектиновые вещества, %
	+,- к оптимальн ому	+,- к оптимальн ому	+,- к оптимальн ому	+,- к оптимальн ому	+,- к оптимальн ому
NS (20–4) на фоне РК					
11. N ₉₀ (NS=20–4) + P ₆₄ K ₁₂₂ – базо- вый 2	6,3	7,1	0,8	2,5	3,0
				0,5	7,9
12. N ₉₀ (NS=20–4) с B, Cu (в хелат- ной форме) + P ₆₄ K ₁₂₂	7,1	7,7	0,6	2,6	3,3
				0,7	8,3
				10,5	2,2
				0,2	0,2
				0,0	0,0
				0,8	0,8
				0,0	0,0
NPK 14–7,5–16 (бесхлорное)					
13. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ комплексное бес- хлорное без добавок – базовый 3	7,3	8,1	0,8	2,1	2,8
				0,7	7,4
				8,1	0,7
13'. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu, бесхлорное)	7,3	7,7	0,4	2,2	2,9
				0,7	7,8
				8,1	0,3
14. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu и регулятором роста растений Эпин)	7,5	7,7	0,2	2,5	2,7
				0,2	8,6
				8,0	-0,6
				0,2	0,2
				0,0	0,0
HCP ₀₅	0,33	0,23	–	0,15	0,08
				–	0,39
				0,33	–
				0	0
				–	0,03
				0,06	–

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 4

Влияние удобрений и орошения на биохимические показатели качества корнеплодов моркови при поздних сроках уборки (2011–2012 гг.)

Варианты	Каротин, мг/100 г	Витамин С, мг/100 г	Растворимые сахара, %	Органические кислоты, %	Пектиновые вещества, %	
					без оптимизации	с оптимизацией
1. Контроль без удобрений	7,3	9,4	2,1	4,2	5,2	1,0
2. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ (смесь удобрений – карбамид, аммонийзированый суперфосфат, хлористый калий) – базовый 1	7,5	8,7	1,2	4,3	5,3	1,0
					9,6	9,7
					0,1	0,1
					0,2	0,2
					0,0	0,0
					0,2	0,2
					0,0	0,0
					0,8	0,8
					0,0	0,0
					0,8	0,8
					0,0	0,0
					0,0	0,0
					0,0	0,0
					0,3	0,3

NPK 14–10–19 (хлоросодержащее)						
2'. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ (комплексное без добавок)	7,6	8,8	1,2	4,9	5,3	0,4
3. N ₇₀ P ₅₀ K ₃₅ (NPK c S, B, Cu)	8,9	11,1	2,2	5,4	5,8	0,4
4. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ (NPK c S, B, Cu)	8,9	9,9	1,0	4,3	4,9	0,6
5. N ₁₁₀ P ₇₈ K ₁₄₉ (NPK c S, B, Cu)	10,8	12,1	1,3	4,7	5,3	0,6
6. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ (NPK c S, B, Cu медленно действующее)	9,5	9,9	0,4	4,7	5,3	0,6
7. N ₉₀ P ₆₄ K ₁₂₂ (NPK c S, B медленно действующее)	7,5	8,7	1,2	4,7	5,1	0,4

Окончание табл. 4

Варианты	Каротин, мг/100 г	Витамин С, мг/100 г	Растворимые сахара, %	Органические кислоты, %		Пектиновые вещества, %
				+,- к оптимальн ем	с оптимальн ем	
NS (20–4) на фоне РК						
11. N ₉₀ (NS=20–4) + P ₆₄ K ₁₂₂ – базовый 2	9,5	11,8	2,3	4,7	5,6	0,9
				8,1	8,6	0,5
12. N ₉₀ (NS=20–4) с В, Cu (в хелатной форме) + P ₆₄ K ₁₂₂	9,8	12,2	2,4	5,1	5,0	-0,1
				7,7	8,2	0,5
				0,3	0,2	-0,1
				0,2	0,2	0,0
				0,0	0,0	0,9
				0,9	0,9	0,0
NPK 14–7,5–16 (бесхлорное)						
13. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ комплексное бесхлорное без добавок – базовый 3	9,6	12,1	2,5	4,1	4,5	0,4
				7,1	7,4	0,3
				0,2	0,2	0,0
				0,9	0,8	-0,1
13. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu, бесхлорное)	10,0	13,5	3,5	4,1	4,8	0,7
				7,7	8,3	0,6
				0,2	0,2	0,0
				0,8	0,8	0,0
14. N ₉₀ P ₄₈ K ₁₀₄ (NPK с Mg, S, B, Cu и регулятором роста растений Эпин)	10,1	11,8	1,7	4,1	5,1	1,0
				7,8	8,5	0,7
				0,2	0,2	0,0
				0,8	0,8	0,9
HCP ₀₅	0,26	0,37	–	0,17	0,16	–
				0,25	0,32	–
				0,01	0,01	–
				0,03	0,04	–

2. Плодородие почв и применение удобрений

ВЫВОДЫ

1. Применение комплексных (хлорсодержащих и бесхлорных) и азотно-серосодержащих удобрений с микроэлементами (2011–2013 гг.) в технологии возделывания моркови на дерново-подзолистой, оглеенной внизу, рыхлосупесчаной, подстилаемой с глубины 1,1–1,15 м рыхлой супесью почве с высокими и повышенными агрохимическими показателями (содержание подвижного P_2O_5 более 400 мг/кг почвы, K_2O – 244–265 мг/кг почвы), при средней обеспеченности обменным кальцием, магнием, серой, подвижными соединениями бора, меди, марганца и высоком содержании цинка способствовало как при ранних, так и поздних сроках уборки моркови улучшению качественных показателей корнеплодов.

2. Внесение комплексного хлорсодержащего удобрения NPK с S, B, Cu, в том числе и медленнодействующей его формы в дозах $N_{70}P_{50}K_{95}$, $N_{90}P_{64}K_{122}$ и $N_{110}P_{78}K_{149}$, обеспечивало при ранних сроках уборки моркови содержание каротина в корнеплодах на уровне 5,8–7,3 мг/100 г, витамина С – 2,1–2,6 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,3–8,7%, пектиновых веществ – 0,7–0,8%, при поздних сроках уборки – содержание каротина на уровне 8,9–10,8 мг/100 г, витамина С – 4,3–5,4 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,4–8,5%, пектиновых веществ – 0,8–1,0%. Соответственно при применении азотно-серосодержащих удобрений (NS=20–4) с B, Cu (в хелатной форме) в дозе N_{90} на фоне $P_{64}K_{122}$ при ранних сроках уборки моркови содержание каротина составило 7,1 мг/100 г, витамина С – 2,6 мг/100 г, растворимых сахаров – 8,3%, пектиновых веществ – 0,8%, при поздних сроках уборки содержание каротина – 9,8 мг/100 г, витамина С – 5,1 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,7%, пектиновых веществ – 0,9%. Применение комплексных бесхлорных удобрений с добавками (NPK с Mg, S, B, Cu и NPK с Mg, S, B, Cu и регулятором роста растений Эпин) в дозе $N_{90}P_{48}K_{104}$ обеспечило при ранних сроках уборки моркови содержание каротина в пределах 7,3–7,5 мг/100 г, витамина С – 2,2–2,5 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,8–8,6%, пектиновых веществ – 0,7–0,8%, при поздних сроках уборки – каротина на уровне 10,0–10,1 мг/100 г, витамина С – 4,1 мг/100 г, растворимых сахаров – 7,7–7,8%, пектиновых веществ – 0,8%.

3. Капельное орошение при ранних сроках уборки моркови оказывало положительное влияние на увеличение в корнеплодах каротина (в 1,03–1,37 раза), витамина С (в 1,05–1,38 раза), растворимых сахаров (в 1,04–1,27 раза) и пектиновых веществ (в 1,13–1,14 раза), при поздних сроках уборки также наблюдалось увеличение содержания каротина (в 1,04–1,35 раза), витамина С (в 1,07–1,24 раза), растворимых сахаров (в 1,01–1,14 раза) и пектиновых веществ (в 1,11–1,43 раза) по сравнению с аналогичными вариантами, но без орошения. При этом не выявлено влияния как удобрений, так и орошения на изменение содержания органических кислот по вариантам опыта.

4. Более поздняя уборка моркови способствовала большему накоплению каротина, витамина С, сахаров и пектина: содержание каротина увеличивалось в 1,03–1,81 раза в зависимости от вариантов опыта, витамина С – в 1,03–1,19 раза, растворимых сахаров – в 1,50–2,43 раза и пектиновых веществ – в 1,33–2,18 раза, что свидетельствует о лучшем качестве корнеплодов по сравнению с ранними сроками уборки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладушняк, А.К. Повышение качества растительных консервированных продуктов для детского питания / А.К. Гладушняк. – М.: Обзор ЦНИИТЭИ, 1978. – 5–10 с.
2. Кретович, В.Л. Биохимия растений / В.Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1986. – 503 с.
3. Шобингер, У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / У. Шобингер. – СПб: Профессия, 2004. – С. 640.
4. Экология и питание. Проблемы и пути решения / М.Б. Ребезов [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8 – С. 393–396.
5. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / под ред. В.А. Бейня. – Минск, 2012. – 204 с.
6. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения каротина: ГОСТ 8756.22–80. – Введ. 01.01.81. – Минск: Госстандарт, 2011. – 8 с.
7. Определение содержания витамина С (аскорбиновой кислоты) в напитках и соковой продукции методом высокоеффективной жидкостной хроматографии. Методика выполнения измерений: МВИ. МН 3625–2010.
8. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ: ГОСТ 28562–90. – Введ. 01.07.91. – Минск: Госстандарт, 2011. – 16 с.
9. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения титруемой кислотности: ГОСТ 25555.0–82. – Введ. 01.01.83. – Минск: Госстандарт, 2011. – 8 с.
10. Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ: ГОСТ 29059–91. – Введ. 01.07.92. – Минск: Госстандарт, 2011. – 8 с.
11. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
12. Ильченко, С.Г. Технология и технохимический контроль консервирования / С.Г. Ильченко, А.Т. Марх, А.Ф. Фан-Юнг. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 422 с.

INFLUENCE OF COMPLEX FERTILIZERS WITH MICROELEMENTS AND IRRIGATION ON BIOCHEMICAL CHARACTER OF QUALITY OF CARROT EARLY AND LATE HARVESTING TIME

G.V. Pirogovskaya, D.G. Myslivets, I.M. Pochitskaya

Summary

The article provides data on the effect of irrigation and complex fertilizers with microcells (with chlorine and without chlorine) and NS-containing fertilizers on quality of carrots (carotene, vitamin C, soluble sugars, organic acids, pectin) of

2. Плодородие почв и применение удобрений

different terms of harvesting. It is established that these receptions had influence positively on improvement of carrot quality.

Поступила 13.05.14

УДК 633.88:582.975:631.81.095.337

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПРОВЕДЕНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ВАЛЕРИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

В.В. Лапа¹, А.Г. Ничипорук²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы широкое распространение получает производство лекарственных препаратов на натуральной растительной основе. Сохранение существующего биологического разнообразия растительного мира Республики Беларусь тесно связано с решением проблем возделывания наиболее ценных лекарственных растений, запасы которых находятся в природе на грани исчезновения. В первую очередь одной из наиболее востребованных лекарственных культур в нашей республике для производства таких препаратов является валериана лекарственная (*Valeriana officinalis L.*). Она содержит эфирные масла, валериановые и органические кислоты, алкалоиды и многие другие ценные органические вещества. Препараты, получаемые из валерианы лекарственной, оказывают положительное регулирующее влияние на нервную систему человека, сердечную мышцу, способствуют расширению коронарных сосудов и нормализуют кровообращение.

Однако производимое количество валерианы лекарственной не обеспечивает всех необходимых потребностей Беларуси. В естественной среде она произрастает в разнообразных экологических условиях: на торфяных болотах, низинах и заболоченных лугах, по берегам рек и озер, лесным полянам и опушкам.

Следует отметить, что почвенно-климатические условия нашей республики в полной мере соответствуют биологическим особенностям валерианы лекарственной. Требуемые объемы заготовок валерианы лекарственной для нашей республики в настоящее время возросли до 200 т, а производится всего 60% от ее потребности. Такое явление связано с постепенным истощением природных ареалов распространения этого ценного растения и низкой урожайностью валерианы лекарственной в культуре. Возникает необходимость полного обеспечения потребности Беларуси в этом сырье за счет расширения собственного производства.

Введение валерианы лекарственной в культуру привело к необходимости осуществления ряда исследований, направленных на изучение отношения растения к условиям произрастания, органическим и минеральным удобрениям. Повышение ее продуктивности и качества урожая является необходимым условием при возделывании валерианы [2].

Значительную роль в повышении продуктивности валерианы лекарственной играет научно обоснованная оптимизация ее минерального питания, в частности, система применения микроудобрений. Микроудобрения выполняют важнейшие функции в процессах жизнедеятельности растений и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур и валерианы лекарственной в том числе. Недостаточное содержание их подвижных форм в почве – фактор, лимитирующий формирование урожая и качества продукции валерианы [1, 2, 5]. Исследованиями Г.П. Дубиковского [4] установлено, что потребность в микроудобрениях высока в связи с тем, что более 80% почв Беларуси слабо обеспечены подвижными формами бора, меди и цинка. При возделывании валерианы по интенсивной технологии ее потребность в микроэлементах повышается и при этом изменяются коэффициенты использования растениями микроудобрений. Вместе с тем на подвижность микроэлементов, а значит, на их поступление в растения значительное влияние оказывают свойства почвы, применение органических и минеральных удобрений. Потребность в микроудобрениях растет также и в связи с расширением применения высококонцентрированных макроудобрений, которые лучше очищены и почти не содержат примесей микроэлементов [3, 5].

Более глубокого изучения требуют вопросы определения сроков и количества проводимых некорневых подкормок микроудобрениями.

Цель исследований – установить зависимость урожайности и качества корней и корневищ валерианы лекарственной от применения микроудобрений, вносимых в различные сроки путем некорневой подкормки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводили в 2011–2012 гг. в КСУП «Совхоз «Большое Можайково» Щучинского района Гродненской области на дерново-подзолистой супесчаной почве. Схема посадки рассады 70×15 см (95 тыс./га растений). Агротехнические показатели пахотного слоя почвы: pH_{KCl} – 6,4, гумус – 1,7%, P₂O₅ – 205 и K₂O – 180 мг/кг почвы. Повторность – 4-кратная. Общая площадь делянки – 77 м² (22,0×3,5), учетная – 42,0 м² (20,0×2,1). Микроудобрения вносили по вегетирующему растениям путем некорневой подкормки в 1, 2 или 3 срока: 1-ю некорневую подкормку микроэлементами проводили в фазу 3–4 настоящих листьев в 3 декаде июня; 2-ю – в фазу 5–6 настоящих листьев в 3 декаде июля, 3-ю – в фазу 10–12 настоящих листьев в 3 декаде августа. В каждую некорневую подкормку вносили 3 микроэлемента – B_{0,1}Cu_{0,1}Zn_{0,1} на фоне органических и минеральных удобрений (60 т/га подстилочного навоза КРС + N₁₃₅P₆₀K₁₂₀).

Приемы ухода за растениями валерианы включали междурядные обработки и прополки от сорняков. В период вегетации валерианы проводили фенологические наблюдения и отбор растительных образцов по основным фазам роста и развития. Наступление фенологических фаз проходило практически одновременно

2. Плодородие почв и применение удобрений

в 2011–2012 гг. (в пределах одной декады месяца): 3–4 настоящих листа – 3 декада июня; 5–6 настоящих листьев – 3 декада июля; 10–12 настоящих листьев – 3 декада августа; полная прикорневая розетка листьев – 3 декада сентября; окончание вегетации и уборка – 2–3 декада октября. Уборку полевых опытов проводили во 2–3 декадах октября. После уборки и мойки корней и корневищ их высушивали до влажности 15%.

Для формирования высокого и качественного урожая валериана лекарственная требует в первую очередь оптимальных температур в период формирования надземной и подземной массы (15–20 °С в июне–сентябре). Следует отметить, что основным фактором погодных условий, оказывающим значительное влияние на количество и качество урожая валерианы лекарственной, является достаточная влагообеспеченность почвы, особенно в период активного формирования листовой массы (июль–август) и корневищ (август–сентябрь). В годы проведения исследований (2011–2012 гг.) температура и обеспеченность влагой были благоприятны для роста и развития валерианы лекарственной.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов исследований показал, что продуктивность валерианы во многом зависела от количества и сроков проведения некорневых подкормок микроудобрениями (табл. 1). Микроэлементы оказали существенное влияние не только на урожайность, но и на качество корней и корневищ валерианы лекарственной. Установлено, что в фоновом варианте, включающем внесение органических и минеральных удобрений (60 т/га навоза КРС + N₁₃₅P₆₀K₁₂₀), урожайность корней и корневищ валерианы лекарственной составила в среднем 36,1 ц/га.

Однократное внесение микроудобрений оказало существенное влияние на урожайность корней и корневищ, однако величина полученной прибавки зависела от сроков проведения подкормки. Менее эффективным было внесение микроэлементов в 3 декаде июня, обеспечившее прибавку 2,1 ц/га, или 5,8%. Наибольшая прибавка урожайности корней и корневищ валерианы при однократном применении получена при внесении микроэлементов в 3 декаде июля (5,8 ц/га, или 16,1% к фону). При проведении некорневых подкормок микроудобрениями в 3 декаде августа прибавка урожайности корней и корневищ была ниже и составила 3,7 ц/га.

Сроки внесения микроэлементов оказали заметное влияние на формирование листовой массы валерианы. При внесении микроэлементов в первую подкормку в 3 декаде июня сбор листовой массы увеличился на 2,1 ц/га, или на 9,3%. Однако наиболее мощная листовая масса при однократном внесении микроэлементов сформировалась при обработке в 3 декаде июля в фазу 5–7 настоящих листьев. При этом листовая масса возросла на 4,2 ц/га (18,5%) по сравнению с контрольным вариантом. При проведении некорневой подкормки в более поздние сроки (3 декада августа) сбор листовой массы составил 24,3 ц/га, или на 1,6 ц/га ниже, чем при некорневой обработке в 3 декаде июля.

Однако более полную характеристику особенностей формирования листовой массы показывает соотношение листовой (надземной) массы к подземной (корни и корневища). Чем более высокие абсолютные значения этого

показателя, тем больше доля листовой массы относительно подземной. Установлено, что более высокая доля листовой массы (0,65) получена при внесении микроэлементов в начале вегетации в 3 декаде июня. При смещении сроков внесения микроэлементов на более поздние этот показатель снижался, особенно при внесении микроэлементов в 3 декаде августа (до 0,61).

Определенное влияние оказали микроудобрения на высоту растений. Наиболее высокорослые растения при однократном внесении микроэлементов получены при проведении некорневой подкормки в первой половине вегетации (3 декада июня).

Таким образом, проведение некорневой подкормки микроэлементами в первой половине вегетации валерианы (3 декада июня) способствовало увеличению доли листовой массы. Внесение микроэлементов в 3 декаде августа способствовало снижению доли листовой массы относительно подземной массы. Наибольшая прибавка урожайности корней и корневищ получена при внесении микроэлементов в 3 декаде июля. Это связано с тем, что в этот период идет активное формирование листовой и подземной биомассы и потребность в микроэлементах возрастает.

Таблица 1
Влияние сроков и количества некорневых подкормок на урожайность и биометрические показатели валерианы лекарственной (среднее за 2011–2012 гг.)

№ п/п	Вариант	Урожай- ность корней, ц/га	Сбор лис- товой массы, ц/га	Соотношение: листья/корни	Высота расте- ний, см
1.	60 т/га навоза + N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	36,1	22,7	0,63	43,8
2.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июня)	38,2	24,8	0,65	45,7
3.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июля)	41,9	26,9	0,64	45,0
4.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. августа)	39,8	24,3	0,61	44,0
5.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июня и 3 д. июля)	44,6	29,6	0,66	46,5
6.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июня, 3 д. июля и 3 д. августа)	46,4	29,8	0,64	46,4
	HCP ₀₅	1,85	1,50		

2. Плодородие почв и применение удобрений

В задачу исследований также входило установление зависимости продуктивности валерианы лекарственной не только от сроков проведения однократных некорневых подкормок микроэлементами, но и от количества обработок. Из данных таблицы 1 видно, что проведение 2-х подкормок микроэлементами (в 3 декаде июня и 3 декаде июля) способствовало увеличению урожайности валерианы лекарственной до 44,6 ц/га и листовой массы до 29,6 ц/га. В этом варианте была получена максимальная доля листовой массы (0,66) и высота растений (46,5 см). Однако максимальная урожайность корней и корневищ валерианы лекарственной (46,4 ц/га), наибольший сбор листовой массы (29,8 ц/га) и показатели высоты растений (46,4 см) были получены при проведении 3-х некорневых подкормок микроэлементами.

В процессе исследований изучалась зависимость биометрических показателей от сроков и количества подкормок микроэлементами (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние сроков и количества некорневых подкормок
на структуру урожая и биометрические показатели
валерианы лекарственной (среднее за 2011–2012 гг.)**

№ п/п	Вариант	Количество листьев, шт./раст.	Масса 1 листа, г	Масса 1 корневища, г	Количество листьев, тыс. шт./га
1.	60 т/га навоза + $N_{135}P_{60}K_{120}$ – фон	13,2	1,80	37,9	1258
2.	Фон + $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ (3 д. июня)	14,5	1,80	40,1	1382
3.	Фон + $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ (3 д. июля)	15,6	1,81	44,0	1487
4.	Фон + $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ (3 д. августа)	14,2	1,79	41,8	1358
5.	Фон + $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ (3 д. июня и 3 д. июля)	16,0	1,94	46,8	1526
6.	Фон + $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ (3 д. июня, 3 д. июля и 3 д. августа)	16,1	1,94	48,7	1536

Установлено, что максимальное количество листьев на одном растении – 15,6 шт., средняя масса одного корневища – 44,0 г и количество листьев на единицу площади – 1487 тыс. шт./га получены при проведении некорневой подкормки во 2-й срок (3 декада июля). При смещении сроков проведения некорневых подкормок на более ранние или поздние эти показатели снижались.

При проведении 2- или 3-кратной обработки микроэлементами заметно возросло количество листьев валерианы на одном растении (до 16,7–16,7 шт.) и на единицу площади (до 1592–1601 тыс. шт./га). Корневища с максимальной массой (48,7 г) получены при проведении 3-х подкормок микроэлементами.

В исследованиях определяли показатели площади листьев и массу единицы площади листовой поверхности. Установлено, что при смещении сроков некорневых подкормок к концу вегетации (3 декада августа) площадь листьев снижалась. Максимальные ее показатели получены при проведении 2-х и 3-х подкормок микроудобрениями (табл. 3).

Таблица 3

Влияние сроков и количества некорневых подкормок на биометрические показатели и качество корней валерианы лекарственной (среднее за 2011–2012 гг.)

№ п/п	Вариант	Площадь листьев, м ² /га	Масса 1 м ² листьев, г	Содержание экстрактивных веществ в корнях, %	Сбор экстрактивных веществ с единицы площади, ц/га
1.	60 т/га навоза + N ₁₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	43123	52,6	26,1	9,4
2.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июня)	48371	51,3	26,5	10,1
3.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июля)	50851	52,9	27,5	11,1
4.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. августа)	46515	52,2	27,7	11,1
5.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июня и 3 д. июля)	54248	54,4	28,0	12,4
6.	Фон + B ₁₀₀ Cu ₁₀₀ Zn ₁₀₀ (3 д. июня, 3 д. июля и 3 д. августа)	54490	54,7	28,2	13,1
	HCP ₀₅		1,24		

Важным показателем качества корней и корневищ является содержание в них экстрактивных веществ и сбор их с единицы площади. Анализ полученных данных показал, что сроки проведения некорневой подкормки оказывают значительное влияние на содержание экстрактивных веществ. Однако существенное их увеличение отмечено лишь при проведении некорневых подкормок во 2-й и 3-й сроки, где этот показатель составил 27,5–27,7%. Внесение микроэлементов

2. Плодородие почв и применение удобрений

в начале вегетации не оказало существенного влияния на этот показатель. Однако максимальное содержание экстрактивных веществ (28,0–28,2%) получено при проведении 2-х и 3-х некорневых подкормок микроэлементами.

Установлена высокая корреляционная связь содержания экстрактивных веществ с показателем массы 1 м² листьев ($r = 0,69$), который может служить косвенным критерием качества корней и корневищ валерианы лекарственной.

Таким образом, для получения максимальной урожайности корней и корневищ валерианы лекарственной (46,4 ц/га) и наибольшего сбора экстрактивных веществ с единицы площади (13,1 ц/га) необходимо проводить некорневые подкормки микроэлементами в 3 срока: 1-я некорневая подкормка микроэлементами – в фазу 3–4 настоящих листьев в 3 декаде июня; 2-я – в фазу 5–6 настоящих листьев в 3 декаде июля, 3-я – в фазу 10–12 настоящих листьев в 3 декаде августа. В каждую подкормку вносить 3 микроэлемента – $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ в хелатных формах.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшая прибавка урожайности корней и корневищ валерианы при однократном внесении микроэлементов получена при проведении некорневой подкормки в 3 декаде июля. Это связано с активным формированием листовой и подземной биомассы в этот период и соответственно ростом потребности в микроэлементах. Смещение сроков проведения некорневых подкормок на более ранние (3 декада июня) или поздние сроки (3 декада августа) не имело преимущества по сравнению с вариантом внесения микроэлементов в 3 декаде июля.

2. Максимальную урожайность корней и корневищ валерианы лекарственной (46,4 ц/га) и наибольший сбор экстрактивных веществ с единицы площади (13,1 ц/га) обеспечило проведение на фоне 60 т/га навоза + $N_{135}P_{60}K_{120}$ некорневых подкормок микроэлементами ($B_{0,1}Cu_{0,1}Zn_{0,1}$) в 3 срока: 1-я – в фазу 3–4 настоящих листьев (3 декада июня); 2-я – в фазу 5–6 настоящих листьев (3 декада июля); 3-я – в фазу 10–12 настоящих листьев (3 декада августа).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
2. Брилева, С.В. Потребление основных элементов минерального питания растениями валерианы в течение вегетации / С.В. Брилева // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. / Гроднен. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2005. – Т. 4, Ч. 1. – С. 15–18.
3. Агрохимия / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Урожай, 1995. – 480 с.
4. Дубиковский, Г.П. Баланс микроэлементов в земледелии БССР / Г.П. Дубиковский, Г.М Милоста // Почвенные исследования и применение удобрений: сб. науч. ст. – Минск: Ураджай, 1983. – С. 106–112.
5. Система применения удобрений: учеб. пособие / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 416 с.

INFLUENCE OF TERMS OF NOT ROOT ADDITIONAL FERTILIZING ON COMMON VALERIAN PRODUCTIVITY ON SOD-PODZOLIC SANDY SOILS

V.V. Lapa, A.G. Nichiporuk

Summary

For obtaining the maximum productivity of roots and rhizomes of common valerian (46,4 c/ha) and the biggest quantity of extractive substances from the unit of area (13,1 c/ha) it is necessary to carry out not root additional fertilizing by microelements in 3 terms, in the third decade of June, in the third decade of July and in the third decade of August. It is recommended to bring 3 microelements – $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ in chelate forms with every additional fertilizing.

Поступила 02.05.14

УДК 633.791:581.143.6:581.522.4

АДАПТАЦИЯ СОРТОВ ХМЕЛЯ ПОСЛЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ IN VITRO

М.С. Кастроцкая, Н.В. Кухарчик, О.А. Гашенко

Институт плодоводства, п. Самохваловичи, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Народнохозяйственное значение хмеля в первую очередь обусловлено тем, что шишки этого растения являются незаменимым сырьем для пивоваренной промышленности. Содержащиеся в шишках хмеля специфические смолистые и дубильные вещества, эфирные масла придают пиву характерный хмелевой аромат, горький вкус, способствуют пеностойкости. Хмель также используют в хлебопекарной промышленности и медицине. Для этого собирают женские соцветия (шишки), когда они приобретают зеленовато-желтую окраску.

Хмель обыкновенный (*Humulus Lupulus L.*) является двудомной вьющейся лианой, имеет многолетнюю корневую систему, развивающую однолетнюю надземную массу в виде стеблей, листьев, боковых веток и соцветий на них. При хорошей агротехнике на одном месте хмель может расти до 15–20 лет.

Производство посадочного материала. Способы вегетативного размножения хмеля основаны на способности органов материнского растения, имеющих пазушные почки, образовывать корни. У хмеля выделяют следующие способы вегетативного размножения: корневищными черенками, этиолированными побегами, зелеными черенками, микроразмножение растений хмеля в культуре *in vitro* [1].

2. Плодородие почв и применение удобрений

Микроразмножение растений хмеля в культуре *in vitro* позволяет получать 105–107 черенков из одного растения в год. Саженцы, полученные из этих черенков, свободны от грибной, бактериальной и вирусной инфекции. В то же время одним из наиболее проблемных этапов процесса микроразмножения *in vitro* является адаптация растений-регенерантов к выращиванию вне пробирки [1–6].

Процесс адаптации пробирочных растений к почвенным условиям является наиболее дорогостоящей и трудоемкой операцией. Нередко после пересадки растений в почву наблюдается остановка в росте, опадение листьев и гибель растений. Это связано, в первую очередь, с тем, что у пробирочных растений нарушена деятельность устречного аппарата, вследствие чего происходит потеря большого количества воды. Во-вторых, у некоторых растений в условиях *in vitro* не происходит образования корневых волосков, что приводит к нарушению поглощения воды и минеральных солей из почвы [7, 8].

Адаптационные субстраты должны выполнять как традиционные функции (механическую фиксацию и питание растений), так и обеспечивать специфические запросы выращенных *in vitro* растений. В том числе субстраты должны характеризоваться: высокой водоудерживающей способностью и одновременно максимальной аэрацией корневого пространства; высоким уровнем минерального питания и исключением возможности ожога адаптируемых растений вносимыми удобрениями; изначальной стерильностью или возможностью стерилизации без ущерба для других свойств субстрата [9–10]. В связи с обилием выполняемых функций субстраты для адаптации, как правило, являются двух-, трехкомпонентными смесями, в которых используются такие исходные вещества, как торф, песок, перлит, ионообменные субстраты [11–12].

УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Культуральные исследования проведены в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства».

Условия адаптации: освещение 2,5–3 тыс. л.к., температура +20–+22 °C, фотoperиод – 16/8 часов. При появлении первых признаков инфицирования почвы проводили обработку 0,2% раствором бензилата.

Объекты исследований: растения-регенеранты сортов хмеля Тетнангер, Бор, Сладек.

Тетнангер. Традиционный немецкий сорт, названный по области, в которой выращивался много лет. Созревает в середине августа. Урожайность – 800–1400 кг/га. Среднеустойчив к грибным заболеваниям, чувствителен к насекомым и клещам. Структура средней компактности, маленькая светлая шишечка. Аромат очень хороший, слегка пикантный. Соотношение альфа- и бета-кислот – 1,0–2,1.

Бор. Сроки созревания от среднего до позднего. Регион выращивания – Чехия. Урожайность – 1500 кг/га. Соотношение альфа- и бета-кислот – 0,5–1,2.

Сладек. Сроки созревания от среднего до позднего. Регион выращивания – Чехия. Урожайность – 1250 кг/га. Альфа-кислоты – 5,0–9,0% w/w (в весовом отношении).

Адаптация в условиях *ex vitro*. Процесс адаптации регенерантов после культуры *in vitro* проводили в два этапа:

1-й этап адаптации *ex vitro* (длительность 14–20 дней). Растения, укорененные в условиях *in vitro*, при адаптации высаживали на субстрат БИОНА–112 и субстрат перлит, укорененные в условиях *ex vitro* – на торфяной субстрат.

2-й этап адаптации (постадаптация) проводили на торфяном субстрате (длительность 35–45 дней).

Морфологическое развитие растений оценивали в 3-кратной повторности, в каждой повторности по 10 растений. Учитывали следующие морфометрические показатели: длина стебля (см), средняя длина корней (см), количество междоузлий (шт.), эффективность укоренения – число укорененных или прижившихся растений (%).

Субстраты для адаптации. Торфосмеси готовятся путем комбинирования в различных пропорциях низинного и верхового торфа с известью, природным песком и прочими веществами, которые обеспечивают уникальные плодородные свойства. Улучшение свойств торфосмеси достигается добавлением неорганических компонентов. Это позволяет оптимизировать агрохимические характеристики и водно-физические свойства, активизировать микробиологические процессы. Для адаптации растений торфяные субстраты требуют обязательной стерилизации [9, 10, 11]. Песок придает субстратам рыхлость и пористость, что облегчает проникновение воды и воздуха к корням растений, препятствует развитию мха, грибов и водорослей при выращивании растений в контейнерной культуре. Помимо этого, он при необходимости помогает снижать питательность субстратов. Песок абсолютно негигроскопичен и не может удерживать влагу. Агроперлит – это легкий и пористый материал белого цвета, разделяется по фракциям, из которых в сельском хозяйстве лучшие результаты получают при применении крупнозернистого перлита. К плюсам перлита нужно отнести его полную стерильность (никакого гниения), он абсолютно не требует стерилизации перед употреблением. Перлит при добавке в субстраты значительно улучшает их водно-физические свойства и тем самым увеличивает всасывающую способность корней, питание и рост растений [11]. Ионообменный субстрат содержит все питательные вещества, необходимые для роста растений, в высокой концентрации и безвредной форме. Ионообменный субстрат БИОНА–112 на основе катионита КУ–2 (H^+) и анионита ЭДЭ–10П (OH^-) в соотношении 1:2.05, насыщенных различными макро- и микроэлементами в ионообменном виде, был получен солевым методом. Микроэлементы (г на 1 кг сухой смеси КУ–2 (H^+) и ЭДЭ–10П (OH^-)): $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ –1,81, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ –0,49, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ –0,49, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ –0,06, $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ –0,10, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ –1,75. Рабочая емкость анионита составляла 2,8 мг-экв./г. Значение pH водной вытяжки из субстрата БИОНА–112 – 6,5–6,7 [12]. Субстраты БИОНА испытаны и дали отличные результаты при выращивании более 150 видов различных растений, они позволяют улучшить качество выращиваемых растений, их внешний вид и ускорить укоренение [11, 12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Определение адаптационного субстрата и эффективности адаптации *ex vitro* растений-регенерантов хмеля.*

Пересадка растений-регенерантов в субстрат является ответственным этапом, завершающим процесс микроразмножения.

2. Плодородие почв и применение удобрений

1 этап – растения-регенеранты после этапа ризогенеза *in vitro* высаживали в кассеты объемом 50 мл, заполненные субстратами БИОНА–112 и перлит.

Растения с 5–6 междуузлиями и хорошо развитой корневой системой вынимали из пробирок, корни отмывали от остатков агара и высаживали в субстрат (рис. 1).



Рис. 1. Растения хмеля с хорошо развитыми надземными стеблями и корневой системой после 1 этапа адаптации

Кассеты с растениями содержали в культуральных комнатах с регулируемым температурным режимом. Для лучшего роста растений создавали условия искусственного тумана до тех пор, пока не появлялись молодые листочки (рис. 2). Длительность этапа – 2–3 недели. Через 10–15 дней после посадки укоренившиеся растения подкармливали растворами минеральных солей Мурасига и Скуга.



Рис. 2. Первый этап адаптации *ex vitro* растений-регенерантов хмеля на субстрате БИОНА–112

Проведенные исследования по адаптации хмеля сорта Тетнангер показали высокий процент приживаемости растений-регенерантов на двух исследуемых субстратах: на БИОНА–112 – 100,0% и на перлите – 98,0%.

Несмотря на то, что количество адаптированных растений было практически одинаковым для двух субстратов, существовали различия в их морфологическом развитии (высота растений, средняя длина корней, количество междоузлий). Средняя высота побегов хмеля на субстрате БИОНА–112 составила для сорта Тетнангер $6,7 \pm 0,77$ см, для сорта Сладек – $7,08 \pm 0,47$, для сорта Бора – $8,7 \pm 0,47$ см, средняя высота растений на перлите была меньше и составила для сорта Тетнангер $5,3 \pm 0,42$, для сорта Сладек – $5,55 \pm 0,46$, для сорта Бора – $5,1 \pm 0,52$ см (табл.).

Таблица
Результаты морфометрических показателей адаптируемых сортов хмеля

Субстрат	Высота растений, см	Количество междоузлий, шт.
Тетнангер		
Перлит	$5,3 \pm 0,42$	$4,6 \pm 0,34$
БИОНА–112	$6,7 \pm 0,77$	$6,0 \pm 0,38$
Сладек		
Перлит	$5,55 \pm 0,46$	$4,85 \pm 0,34$
БИОНА–112	$7,08 \pm 0,47$	$6,6 \pm 0,44$
Бор		
Перлит	$5,1 \pm 0,52$	$5,15 \pm 0,52$
БИОНА–112	$8,7 \pm 0,47$	$7,7 \pm 0,39$

На первом этапе адаптации учитывали количество междоузлий на самом сильном побеге хмеля. Количество междоузлий на побегах, выращенных на субстрате БИОНА–112, для сорта Тетнангер составило $6,0 \pm 0,38$ шт., для сорта Сладек – $6,6 \pm 0,44$, для сорта Бор – $7,7 \pm 0,39$ шт., а на субстрате перлите эти показатели были ниже – $4,6 \pm 0,34$; $4,85 \pm 0,34$; $5,15 \pm 0,52$ шт. соответственно.

Растения хмеля, адаптированные на субстрате БИОНА–112, имели большую высоту побегов и формировали одновременно несколько побегов (рис. 3).

Корневая система растений хмеля является также и органом, запасающим питательные вещества, соответственно, для высокой продуктивности и долговечности насаждений хмеля важно создавать оптимальные условия для их усиленного роста. Анализируя данные, полученные при измерении средней длины корневой системы, следует отметить, что длина корней на субстрате перлите

2. Плодородие почв и применение удобрений

незначительно превысила длину корней на субстрате БИОНА-112. Среднее значение длины корней сортов хмеля для субстрата перлит составило от 1,95 до 2,55 см, а для субстрата БИОНА-112 – от 1,09 до 1,66 см (рис. 4).



Рис. 3. Адаптированные растения хмеля, выращенного на различных субстратах (1 – БИОНА-112, 2 – перлит) на первом этапе адаптации

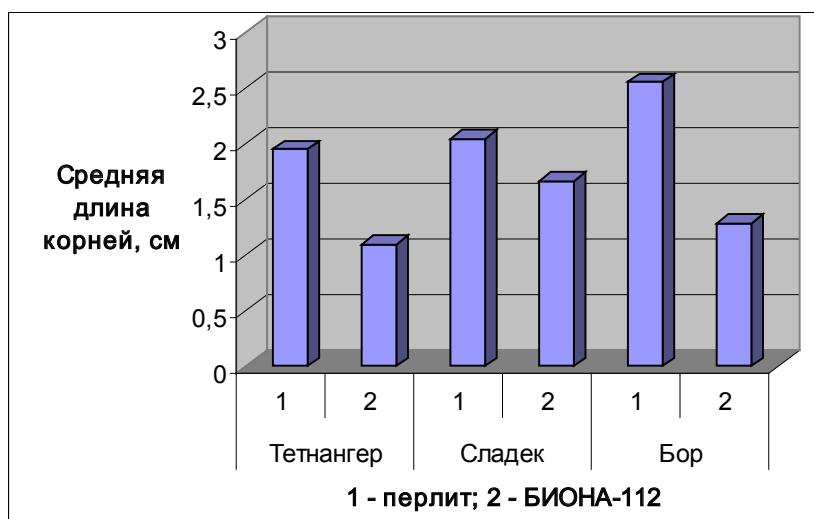


Рис. 4. Средняя длина корней хмеля, выращенного на различных субстратах

Количество образующихся на растении боковых корневищ зависит от части от качества посадочного материала, а, кроме того является сортовым признаком: у одних сортов их ежегодно образуется большое количество, у других – немного.

Как и средняя длина корней хмеля, выращенного на субстрате перлит, так и количество учетных корней на субстрате перлит было выше, чем на субстрате БИОНА-112 (рис. 5).

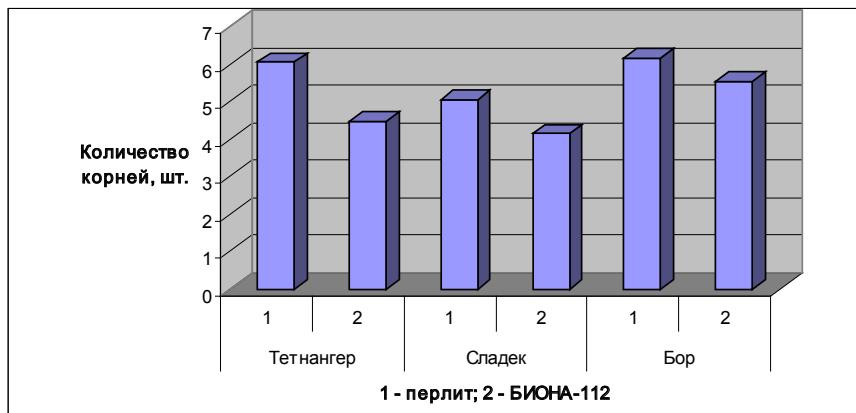


Рис. 5. Количество корней растений хмеля, выращенного на различных субстратах

Так, у сортов Сладек и Бор количество корней было примерно одинаково выше как на субстрате перлита, так на субстрате БИОНА-112, сорт Тетнангер превысил количество корней на субстрате перлита по сравнению с субстратом БИОНА-112.

На 2 этапе адаптации (или постадаптации) растения хмеля пересаживали в горшки, предварительно простерилизованные торфяным субстратом (торф «Двина» и песок 1:1), объемом 500 мл. Длительность данного этапа – от 1 до 5 недель. В течение первой недели отмечали 100% приживаемость и активный рост побегов (рис. 6.).



Рис. 6. Второй этап адаптации ex vitro растений хмеля в горшках с торфяным субстратом

2. Плодородие почв и применение удобрений

Следует отметить, что стебли хмеля растут очень быстро. При благоприятных условиях суточный прирост может достигать 4–5 см. Хорошо развитый стебель может иметь до 10–12 междуузлий (рис. 7). Самые длинные междуузлия (5 см и больше) находятся в средней и верхней части стебля.



Рис. 7. Адаптированный саженец хмеля сорта Тетнангер

По мере роста растений их рассаживали в большие емкости со свежим субстратом. Дальнейшее выращивание акклиматизированных растений соответствует принятой агротехнике выращивания для каждого индивидуального вида растений.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований было изучено три адаптационных субстрата: два субстрата на первом этапе адаптации и один – на втором. Показана эффективность адаптации *ex vitro*: на субстрате БИОНА – 112–100%; на субстрате перлит – 98%; в торфяном субстрате на втором этапе адаптации – 100%. Изучены морфологические показатели адаптируемых растений, в том числе: высота растений, средняя длина корней, количество междуузлий.

Клональное микроразмножение растений в культуре тканей позволяет получать большое количество растений из одной меристемы в течение одного года. Саженцы, полученные в результате микроразмножения, свободны от бактериальной и в значительной степени от вирусной инфекции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хмель и его использование / А.А. Годованый [и др.]; под ред. И.С. Ежова. – К.: Урожай, 1990. – 336 с.
2. Герасимчук, В.И. Хмель в медицине, быту и народном хозяйстве / В.И. Герасимчук, И.Г. Рейтман, И.С. Ежов; под ред. И.С. Ежова. – К.: Урожай, 1994.– 352 с.
3. In vitro технология оздоровления, культивирования, размножения и адаптации к условиям in vitro растений хмеля (*Humulus Lupulus L.*) ароматических сортов: пат. Украины на изобретение № 59131/7 А01Н4/00 / М.Д. Мельничук; заявитель Нац. аграрный ун-т; заявл. 2003021274 от 12.02.03; опубл. 15.08.03 // Офиц. бюл. «Промышленная собственность». – Кн. 1: Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем. – 2003. – № 8.
4. Способ микроклонального размножения регенерантов хмеля, выращенных из апексов in vitro: пат. Украины на изобретение № 30753 А01Н4/00 / Б.Ф. Кормильцев, Л.П. Бадамшина, М.Г. Левчук; заявитель Ин-т сельского хозяйства; заявл. u200712536 от 12.11.07; опубл. 11.03.08 г. // Офиц. бюл. «Промышленная собственность». – Кн. 1: Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем. – 2008. – № 5.
5. Vine, S.J. The culture of shoot tips of hop (*Humulus Lupulus*) to eliminate viruses / S.J. Vine, O.P. Jones // Journal of Horticultural Sciences. – 1996. – Vol. 44. – P. 281–284.
6. Ferant, N. Differentiation of hop (*Humulus Lupulus*) in vitro / N. Ferant // Plant Physiol. and biochem., Special issue. – 1996. – P. 4.
7. Cerenak, A. Hop tissue culture in Slovenia / A. Cerenak, J. Sustar-Vozlic // International hop growers convention I.H.G.C. Proceedings of Scientific Commission. – 1999. – P. 19–25.
8. Probasco, G. The use of Shoot-tip Culture to eliminate viruses from Hop Varieties Growth in the United States / G. Probasco, S. Winslow // MBA Techical Quarterly. – 1986. – № 23. – P. 26–31.
9. Попов, В.И. Условия культивирования изолированных апексов хмеля для клonalного микроразмножения / В.И. Попов, В.А. Высоцкий, И.М. Туктагулов // Физиология растений. – 1985. – Т. 32, вып. 6. – С. 1191–1195.
10. Высоцкий, В.А. Использование биотехнологических методов при оздоровлении посадочного материала / В.А. Высоцкий // Актуальные вопросы теории и практики защиты плодовых и ягодных культур от вредных организмов в условиях многоукладности сельского хозяйства: тез. докл. Всероссийского совещания, Москва, Загорье, 3–6 марта 1998 г. – Москва, 1998. – С. 74–76.
11. Адаптации регенерантов ex vitro / Н.В. Кухарчик [и др.] // Плодоводство. – 2006. – Т. 18, ч. 1. – С. 174–181.
12. Красинская, Т.А. Адаптационный процесс растений-регенерантов, выращенных в культуре in vitro, и способы его улучшения / Т.А. Красинская, Н.В. Кухарчик, М.С. Кастроцкая // Плодоводство. – 2010. – Т. 22. – С. 305–316.
13. Кухарчик, Н.В. Использование искусственных субстратов при адаптации плодовых и ягодных растений после культуры «in vitro» / Н.В. Кухарчик, С.Э. Семенас, Н.Н. Волосевич // Производство и применения агроперлита.

2. Плодородие почв и применение удобрений

Опыт, технологии, перспективы: сб. тр. Междунар. научно-практич. конф., Киев, 26–28 мая 2008 г. / Нац. ботан. сад им. Н.Н. Гришко НАН Украины, ГП «Украинский научно-исслед. и проектно-конструкторский ин-т строит. материалов и изделий «НИИСМИ». – Киев, 2008. – С. 37–42.

14. Солдатов, В.С. Ионитные почвы / В.С. Солдатов, Н.Г. Перышкина, Р.П. Хорошко. – Минск: Наука и техника, 1978. – 172 с.

ACCLIMATIZATION OF HOP CULTIVARS AFTER IN VITRO PROPAGATION

M.S. Kastritskaya, N.V. Kukharchyk, O.A. Hashenko

Summary

The investigations were carried out at the Department of Biotechnology of the Institute for Fruit Growing. For the first time in Belarus the base for production of healthy plant material of hop were established, including the selection of adaptation substrates and estimation of ex vitro acclimatization effectiveness of hop plantlets.

Поступила 25.02.14

УДК 633.15:631.8

ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ НА ЗЕРНО

А.В. Сташкевич, С.В. Сорока

Институт защиты растений, а.г. Прилуки, Минский р-н, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Расходуя питательные вещества почвы и влагу, сорняки снижают урожайность культурных растений в среднем на 20–30%, а некоторые из них служат очагами распространения вредителей и болезней [9].

Исследованиями установлено, что вынос питательных веществ из почвы даже при относительно малой численности сорняков значителен. Так, при общем количестве сорных растений до 30 шт./м² выносится из почвы около 50 кг NPK. Такое же количество питательных веществ выносит пырей ползучий при численности от 21 до 30 стеблей на 1 м² [11, 12].

Непроизводительный вынос питательных веществ сорными растениями оказывает большое влияние на обеспеченность почв элементами питания и, как следствие, играет негативную роль в формировании запланированных урожаев сельскохозяйственных культур [10].

Вынос питательных веществ с урожаем — важный показатель, который необходимо учитывать при определении потребности культур в удобрениях, расчете доз удобрений в конкретных условиях [1, 5].

Некоторые сельскохозяйственные культуры (кукуруза, подсолнечник, сахарная свекла и др.) характеризуются более плавным и растянутым потреблением питательных элементов, которое продолжается почти до конца вегетации.

Отдельные элементы питания поглощаются растениями с разной интенсивностью: например, у кукурузы наиболее быстро идет потребление калия, затем азота и значительно медленнее — фосфора. Поглощение калия полностью заканчивается к периоду образования метелок, а азота — к стадии формирования зерна. Поступление фосфора более растянуто и продолжается почти до конца вегетации [2]. С 1 т зеленой массы кукуруза выносит 3,3 кг азота, 1,2 кг — фосфора и 4,2 кг — калия [6].

Так как подавляющее большинство сорных растений является конкурентами культурных растений за совместно используемые факторы жизни, установлено, что между количеством питательных веществ, выносимых сорняками и культурными растениями, существует обратная зависимость: чем больше питательных веществ выносят сорные растения, тем меньше их приходится на долю культуры [3, 4].

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по оценке выноса основных элементов питания (N , P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO) сорняками растениями и кукурузой проводили в 2012 г. на опытном поле РУП «Институт защиты растений». Почва опытного поля (а.г. Прилуки Минского района Минской области) — дерново-подзолистая, легкосуглинистая. По результатам агрохимической характеристики почвы пахотного горизонта обеспеченность гумусом — 2,15%. Реакция почвенной среды — нейтральная (7,0). Содержание подвижных форм P_2O_5 — 280 мг/кг и K_2O — 200 мг/кг.

Агротехника возделывания — общепринятая для Центральной агроклиматической зоны. В исследованиях использовали гибрид кукурузы Полесский 212 СВ с нормой высева 100 тыс. всхожих зерен/га.

Отбор надземной массы сорных растений и культуры проводили в сухую погоду, после высыхания росы с площади 1 м² в различные фазы вегетации культуры. Повторность опыта шестикратная. В РУП «Институт почвоведения и агрохимии» определяли содержание общего азота, фосфора, калия, кальция и магния.

Общий (хозяйственный) вынос элементов питания сорняками и кукурузой вычисляли согласно «Методическим указаниям ...» [7, 8] по следующим формулам:

$$Y_{cop.} = 0,1 \times Y; B = Y_{cop.} \times C,$$

где $Y_{cop.}$ — биомасса сухого вещества сорных растений, ц/га;

Y — биомасса этого вида сорного растения в перерасчете на сухое вещество, г/м²;

2. Плодородие почв и применение удобрений

В – вынос питательных веществ, кг д.в./га;

С – содержание элемента питания, % сухого вещества.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средняя температура воздуха в мае 2012 г. была выше среднемноголетней на 2,2 °С. Осадков во второй декаде мая выпало выше нормы. Температура воздуха в июле и августе была выше среднемноголетних показателей на 3,1 и 1,8 °С соответственно. Количество выпавших осадков в июне было выше среднемноголетнего показателя на 41,9 мм. В целом, в течение вегетационного периода погодные условия были благоприятными для роста и развития кукурузы, стояла теплая погода с достаточным количеством осадков.

В результате проведенных исследований в посевах кукурузы было выявлено 20 видов сорных растений, среди которых преобладали: просо куриное (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.), марь белая (*Chenopodium album* L.), трехреберник непахучий (*Tripleurospermum minodora* (L.) Sch. Bip.), пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), горец вьюнковый (*Polygonum convolvulus* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Vill.); встречались: фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), торица полевая (*Spergula arvensis* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.).

Нужно отметить, что развитие сорняков шло параллельно с развитием кукурузы, и во всех случаях конкуренция за питательные вещества была нежелательной, так как культура постоянно нуждалась в тех элементах, которые уходили на рост и развитие сорняков. Общий (хозяйственный) вынос элементов минерального питания кукурузой в фазе развития 2–3 листьев составил: N – 6,8 кг д.в./га; P₂O₅ – 5,4; K₂O – 11,3; CaO – 1,4; MgO – 0,8 кг д.в./га; в то время как сорными растениями: N – 2,9 кг д.в./га; P₂O₅ – 2,2; K₂O – 4,5; CaO – 1,3; MgO – 0,6 кг д.в./га.

В фазе развития культуры 3–4 листа вынос азота сорняками составил 3,6 кг д.в./га, кукурузой – 8,8 кг д.в./га, фосфора – 2,5 и 10,2, калия – 5,5 и 13,4, кальция – 1,7 и 1,4, магния – 0,8 и 1,1 кг д.в./га соответственно.

Поглощение и вынос питательных элементов в значительной степени зависели от вида сорняка. Особенно интенсивно поглощали элементы питания сорные растения, формирующие мощную вегетативную массу. Наибольшее содержание азота в период 4–5 листьев наблюдалось у проса куриного и составило 11,5 кг д.в./га, а вынос сорными растениями кальция и магния в 4 и 3 раза соответственно превышал вынос данного элемента питания культурой.

В фазе 5–6 листьев культуры более высокая концентрация N отмечена у пастушьей сумки и трехреберника непахучего – 6,2 и 9,7 кг д.в./га (табл.).

В фазе 8 листьев культуры вынос отдельных питательных веществ сорняками превосходил вынос их культурой (K₂O – 209,3, CaO – 33,9, MgO – 24,2 кг д.в./га). Это связано с тем, что большинство сорных растений находилось в фазе образования семян. В посевах, засоренных весь период вегетации (фаза развития культуры – полная спелость), наблюдалась сходная тенденция.

Таблица

**Вынос питательных элементов сорными растениями в посевах кукурузы
(полевой опыт, РУП «Институт защиты растений», 2012 г.)**

Растение	Кол-во сорных растений, шт./м ²	Биомасса растений, г/м ²	Вынос элементов питания, кг/га				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Фаза развития культуры – 2–3 листа							
Сорные растения	249,3	38,2	2,9	2,2	4,5	1,3	0,6
Кукуруза	–	97,5	6,8	5,4	11,3	1,4	0,8
Фаза развития культуры – 3–4 листа							
Сорные растения	302,7	45,6	3,6	2,5	5,5	1,7	0,8
Кукуруза	–	110,0	8,8	10,2	13,4	1,4	1,1
Фаза развития культуры – 4–5 листьев							
Марь белая	85,0	68,0	4,2	3,1	9,2	2,6	0,7
Просо куриное	100,7	196,3	11,5	8,7	19,1	2,5	2,1
Горец выянковый	20,0	20,8	0,4	1,1	1,6	0,8	0,3
Звездчатка средняя	27,2	15,0	0,6	0,7	2,2	0,3	0,1
Горец шероховатый	3,2	13,8	0,6	0,5	1,0	0,4	0,2
Пастушья сумка	24,0	78,3	4,7	4,4	8,6	2,4	0,5
Трехреберник непахучий	56,7	96,5	5,4	3,7	11,6	1,9	0,5
Прочие виды	91,0	19,8	1,1	1,1	2,9	0,6	0,2
Итого	408,1	508,5	28,5	23,4	56,1	11,6	4,6
Кукуруза	–	232,0	11,0	20,2	29,6	2,5	1,5
Фаза развития культуры – 5–6 листьев							
Марь белая	59,8	60,5	3,0	2,8	9,4	2,5	0,6
Горец выянковый	12,3	38,8	1,7	2,1	2,8	1,5	0,4
Звездчатка средняя	16,8	33,3	1,2	2,5	5,3	0,4	0,3
Горец шероховатый	4,7	16,2	0,7	0,8	1,8	0,5	0,1
Пастушья сумка	24,2	126,2	6,2	7,8	9,1	4,5	0,8

2. Плодородие почв и применение удобрений

Продолжение табл.

Растение	Кол-во сорных растений, шт./м ²	Биомасса растений, г/м ²	Вынос элементов питания, кг/га				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Трехреберник непахучий	37,7	173,0	9,7	8,8	24,9	3,6	0,9
Итого	155,5	448,0	22,4	24,8	53,2	13,1	3,2
Кукуруза	—	444,0	28,6	15,5	55,7	3,2	2,6
Посевы свободны от сорняков с 6 листьев							
Марь белая	31,3	116,2	4,4	4,5	15,0	4,1	0,8
Просо куриное	91,8	1383,8	32,9	47,7	101,7	11,2	14,2
Горец вьюнковый	7,5	63,3	1,8	2,9	3,7	1,4	0,4
Звездчатка средняя	14,2	63,0	1,6	3,7	7,3	1,1	0,6
Горец шероховатый	3,2	14,3	0,3	0,4	1,1	0,4	0,1
Пастушья сумка	23,1	44,0	1,2	2,1	2,9	1,3	0,2
Трехреберник непахучий	40,5	566,0	18,2	24,2	37,4	8,4	3,0
Осот полевой	3,8	51,0	1,8	1,7	5,5	1,6	0,5
Подорожник большой	21,2	27,0	0,8	1,0	2,3	1,1	0,2
Ярутка полевая	1,2	9,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1
Сушеница топяная	34,0	17,5	0,4	0,4	1,6	0,3	0,1
Галинсога мелкоцветная	17,7	48,2	1,3	2,0	5,3	1,4	0,3
Фиалка полевая	14,2	36,3	1,2	2,1	3,4	0,7	0,2
Итого	303,7	2439,8	66,2	93,0	187,5	33,1	20,7
Кукуруза	—	800	37,0	22,4	62,8	9,8	4,2
Посевы свободны от сорняков с 8 листьев							
Марь белая	12,7	57,7	2,6	2,7	7,1	1,9	0,6
Просо куриное	143,2	2035,7	25,6	62,7	162,8	21,1	20,9
Пастушья сумка	4,3	10,8	0,3	0,5	0,8	0,3	0,1

Окончание табл.

Растение	Кол-во сорных растений, шт./м ²	Биомасса растений, г/м ²	Вынос элементов питания, кг/га				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Трехреберник непахучий	25,8	471,0	10,6	19,9	31,0	8,3	2,0
Сушеница топяная	22,0	17,5	0,5	1,0	1,5	0,4	0,2
Галинсога мелкоцветная	3,3	14,5	0,3	0,8	1,5	0,4	0,1
Прочие	24,2	51,1	1,4	2,3	4,7	1,6	0,4
Итого	235,5	2658,3	41,2	89,8	209,3	33,9	24,2
Кукуруза	—	1900	74,5	69,0	51,3	13,3	6,9

Посевы засорены весь период вегетации

Марь белая	27,3	94,5	2,0	2,1	8,6	2,8	0,5
Просо куриное	126,7	1164,0	17,9	22,5	74,0	15,3	14,7
Горец шероховатый	1,8	18,5	0,3	0,7	1,4	0,6	0,2
Трехреберник непахучий	31,3	328,2	7,4	8,8	25,7	6,6	2,1
Сушеница топяная	11,2	11,7	0,4	0,6	0,9	0,3	0,1
Бодяк полевой	1,2	22,0	0,8	0,5	1,7	0,9	0,1
Галинсога мелкоцветная	5,3	34,8	0,9	1,9	3,4	1,1	0,3
Прочие	8,7	40,5	1,2	1,2	2,3	0,8	0,2
Итого	213,5	1714,2	30,9	38,2	118,0	28,5	18,1
Кукуруза	—	2300	64,4	48,6	95,3	22,5	9,2

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований показывают, что чем больше в посеве сорняков, тем больше они берут из почвы питательных веществ и тем меньше их приходится на долю культурных растений. Особенно интенсивно поглощают элементы питания сорные растения, формирующие мощную вегетативную массу. В посевах кукурузы наибольший вынос элементов питания приходился на просо куриное. Вынос питательных веществ сорняками зависит от степени засоренности и может в несколько раз превышать их вынос культурными растениями.

2. Плодородие почв и применение удобрений

На обеспеченность почвы элементами питания влияет не только численность сорных растений на 1 м², но и их биомасса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вынос элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agronomiy.ru/dinamika_otrebleniya_i_vinos_elementov_pitaniya_sel / [vinos_elementov_pitaniya_s_urozhaem_selskochozyaystvennich_kultur.html](http://agronomiy.ru/dinamika_potrebleniya_i_vinos_elementov_pitaniya_s_urozhaem_selskochozyaystvennich_kultur.html). – Дата доступа: 02.11.2012.
2. Динамика потребления питательных веществ растениями в ходе вегетации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://agronomiy.ru/dinamika_potrebleniya_i_vinos_elementov_pitaniya_sel/dinamika_potrebleniya_pitatelnich_veschestv_rasteniyami_v_chode_vegetatsii.html. – Дата доступа: 02.11.2012.
3. Лазаускас, П.М. Взаимосвязь между засоренностью и продуктивностью агрофитоценоза в земледелии / П.М. Лазаускас // Засоренность и борьба с сорняками. – Вильнюс, 1976. – С. 66–67.
4. Лазаускас, П.М. Количественная зависимость между массой сорных растений и продуктивностью агрофитоценозов / П.М. Лазаускас // Акт. вопросы борьбы с сорными растениями. – М., 1980. – С. 67–75.
5. Лапа, В.В. Химический состав и вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами в зависимости от почвенной кислотности и применения удобрений / В.В. Лапа, В.Н. Босақ, О.Ф. Смелянович // Ахова раслін. – 2002. – № 5. – С. 23–24.
6. Марцуль, О.Н. Продуктивность и вынос элементов питания кукурузой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1(44). – С. 204–212.
7. Методические указания по определению выноса питательных веществ сорняками с учетом видового состава и степени засоренности посевов. – М.: Информагротех, 1999. – 16 с.
8. Научно-методические подходы к определению выноса питательных веществ сорняками / Л.М. Державин [и др.] // Агрохимический вестник. – 1998. – № 5–6. – С. 10–11.
9. Никонова, Г.Н. Вынос сорняками элементов питания из почвы в посевах ярового рапса / Г.Н. Никонова, М.В. Никонов // Земледелие. – 2008. – № 2. – С. 36–37.
10. Сискевич, Ю.И. Вынос основных элементов питания из почвы в зависимости от степени засоренности / Ю.И. Сискевич, Г.Н. Никонова // Агрохимический вестник. – 2009. – № 2. – С. 32–33.
11. Проблемы сорной растительности в Беларуси и методы борьбы с ней / С.В. Сорока [и др.] // Проблемы сорной растительности и методы борьбы с ней: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию со дня рожд. проф. Н.И. Протасова, Горки, 15–17 дек. 2003 г. – Горки, 2004. – С. 6–13.
12. Проблемы сорной растительности в Беларуси и методы борьбы с ней / С.В. Сорока [и др.] // Агриматко. – 2005. – № 1/10. – С. 8–9.

NUTRITION ELEMENTS REMOVAL BY WEED PLANTS IN MAIZE CROPS CULTIVATED FOR GRAIN

A.V. Stashkevich, S.V. Soroka

Summary

As a result of field trials carried out in 2012 on a trial field of the RUC "Institute of plant protection" the question on nutrition elements removal by weed plants and maize cultivated for grain is studied. It is determined, that the weed plants, which form powerful vegetative mass, absorb the nutrition elements more intensively. In maize crops among monocotyledonous weeds *Echinochloa crus-galli* has got the highest nutrition elements removal, among dicotyledonous ones – *Tripleurospermum inodora* and *Chenopodium album*.

Поступила 13.05.14

РЕФЕРАТЫ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

Черныш А.Ф., Качков Ю.П., Бачила С.С. Типы земель как необходимый элемент обоснования и осуществления территориальной организации агроландшафтов Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 9–23.

В статье рассматриваются вопросы обоснования и формирования отдельно обрабатываемых рабочих участков агроландшафтов Беларуси. Анализируется существующая методическая база экологических и агротехнологических критериев выделения рабочих участков. Предлагается в качестве основы их создания альтернативная система типизации земель с обоснованием территорий (типов земель) с относительно едиными природно-технологическими условиями сельскохозяйственного производства и соизмеримыми с единицами хозяйственного пользования.

Библиогр. 5.

УДК 631.4

Цытрон Г.С., Калюк В.А., Шульгина С.В. Диагностические особенности дегроторфоземов и агродерновых остаточно-оглеенных почв Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 24–31.

В статье представлены диагностические особенности полевого определения схожих по морфологическому строению агродерновых остаточно-оглеенных (осущенных дерновых заболоченных) почв и дегроторфоземов (дегроторфянных почв).

Фото 4. Библиогр. 9.

УДК 631.4

Черныш А.Ф., Сергеенко В.Т., Цырибко В.Б. Сравнительная оценка агрофизических, микроморфологических свойств и минералогического состава, отражающих степень устойчивости дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках к эрозионной деградации // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 32–40.

В представленной работе анализируется зависимость устойчивости дерново-подзолистых почв, сформированных на моренных и лессовидных суглинках к эрозионной деградации от состояния их агрофизических, микроморфологических свойств и минералогического состава.

Табл. 2. Библиогр. 8.

УДК 631.4

Цырибко В.Б., Устинова А.М. Банк данных агрофизических свойств почв Беларуси: создание и структура // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 40–48.

В статье приведены этапы проектирования и структура созданного банка данных агрофизических свойств наиболее распространенных почв Беларуси. В разработанной структуре банка данных отражается генетическая принадлежность почв, литология почвообразующих и подстилающих пород, тип использования земель на исследуемых почвенных разновидностях, их агроэкологическое и мелиоративное состояние, данные агрофизических свойств и структурно-агрегатного состава исследуемых почв.

Рис. 4. Библиогр. 6.

УДК 631.674

Воротынцева Л.И. Использование интегрированных методов в управлении водными и земельными ресурсами в Украине // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 48–65.

Показано, что для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственного производства, агромелиоративных комплексов, рационального и сбалансированного использования водных и земельных ресурсов необходимо развивать межотраслевую политику с применением методов и принципов интегрированного управления. На примере пилотной территории (Шахтерский район Донецкой области) с участием заинтересованных сторон разработаны альтернативные пространственные планы интегрированного управления земельными и водными ресурсами, направленные на восстановление мелиоративных систем, обустройство систем капельного орошения, повышение плодородия почвы, улучшение структуры землепользования, создание ассоциаций водо- и землепользователей.

Табл. 7. Рис. 2. Библиогр. 7.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Бурые лесные почвы Кодр Молдовы: особенности минералогического состава и его трансформации // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 65–78.

Изучен состав первичных и глинистых минералов бурых лесных почв Кодр Молдовы в сравнении с ксерофитно-лесными черноземами той же лесной экосистемы. На основании показателей выветривания установлено, что трансформация силикатной основы в бурых лесных почвах протекает интенсивнее, чем в ксерофитно-лесных черноземах, развивается по типу оподзоливания при участии оглеения и не сопровождается оглиниванием горизонтов В в результате оглинивания *in situ* или процесса лессиважа.

Табл. 4. Библиогр. 12.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Бурые лесные почвы Кодр Молдовы: баланс минералов // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 78–86.

Сравнительный баланс минералов в бурых лесных почвах Кодр Молдовы и ксерофитно-лесных черноземах показал близкие по размерам потери в обоих типах почв первичных минералов и 2–3-кратное превышение в первых потерь глинистых минералов. Общие потери силикатов в бурых лесных почвах по профилю составляют 12–20 кг/100 кг породы. Выветривание минералов в этих почвах происходит под воздействием кислотного разложения и протекает по типу оподзоливания без признаков лессиважа и внутрипочвенного оглинивания горизонтов В.

Табл. 5. Библиогр. 7.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Бургеля А.Н., Варламов Е.Б. Бурые лесные почвы Кодр Молдовы: природные резервы калия // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 87–94.

Бурые лесные почвы водоразделов Кодр Молдовы характеризуются высоким общим резервом природного К (1917–2671 мг/100 г), ниже, но соизмеримым с общим резервом К в ксерофитно-лесных черноземах. Особенность структуры резервов К в этих почвах в том, что непосредственный и ближний резервы в них существенно меньше по размеру, чем в ксерофитно-лесных черноземах. В них относительно высока доля потенциального резерва, представленного грубодисперсными слюдами и калиевыми полевыми шпатами, и выше степень дифференцированности в распределении резервов по профилю как следствие более легкого гранулометрического состава и других их генетических особенностей.

Табл. 3. Библиогр. 28.

УДК 631.433.5

Сябрук О.П., Мирошниченко Н.Н., Доценко А.В. Влияние систем удобрения на эмиссию CO_2 из чернозема типичного // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 94–104.

В данной статье рассматривается влияние систем удобрения на эмиссию углекислого газа из чернозема типичного. Системы удобрений являются существенным фактором, влияющим на эмиссию CO_2 из почвы. Органические удобрения имеют особое значение для поддержания качества почвы в связи с тем, что они являются необходимым компонентом формирования и поддержания ее гумусного состояния, а также регулятором микробиологических процессов. Целью исследования было определить характеристики интенсивности эмиссии CO_2 при применении различных систем удобрения с учетом сезонной динамики и оценить

размер ежегодных эмиссионных потерь почвенного углерода. Наблюдения показали, что колебания в эмиссионной активности в период вегетации были более значительны, что связано с изменениями температуры и влажности почвы. В целом исследования иллюстрируют разницу между интенсивностью выделения CO_2 почвой при различных системах удобрения, с преобладающим влиянием органо-минеральной системы, данные по которой во все дни наблюдений были наиболее высокими.

Табл. 6. Рис. 2. Библиогр. 16.

УДК 631.433.3:631.442

Шилова Н.А. Динамика выделения CO_2 в посевах полевых культур на дерново-подзолистых и торфяных почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 104–113.

Изучена динамика выделения $\text{C}-\text{CO}_2$ на дерново-подзолистой почве в чистом пару, залежи и в посевах полевых культур в разные годы и при внесении органических, минеральных и органоминеральных удобрений, а также на разных типах почв с естественным растительным покровом – на дерново-подзолистой, торфянисто-подзолистой, торфяно-глеевой почвах в смешанном лесу с растениями и без них.

Продуцирование углекислого газа в посевах разных культур зависит от возделываемой культуры, гидротермических условий и удобренности почвы. Внесение удобрений усиливает эмиссию $\text{C}-\text{CO}_2$ под разными культурами в 1,2–1,7 раза. Эмиссия $\text{C}-\text{CO}_2$ нарастала с весны, достигала максимального значения летом и постепенно снижалась к осени.

За счет дыхания корневых систем в среднем продуцируется $\text{C}-\text{CO}_2$ в посевах картофеля, залежи и посевах однолетнего люпина 45–46%, дерново-подзолистой – 25%, торфянисто-подзолистой – 22%, торфяно-глеевой почве – 44%.

Табл. 6. Рис. 4. Библиогр. 7.

УДК 631.417.2

Черный С.Г., Волошенюк А.В. Баланс гумуса в зависимости от технологии поверхностной обработки почвы в дефляционноопасном регионе (на примере южной Степи Украины) // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 113–123.

В статье приведены результаты исследований изменения баланса гумуса в черноземе южном при различных способах поверхностной обработки почвы. Установлено, что при отсутствии органических удобрений растительные остатки являются основным источником гумуса в почве. Использование No-till значительно уменьшает потери гумуса с ветровой эрозией, однако мало влияет на его общий баланс. По всем вариантам технологий за три года исследований наблюдался отрицательный баланс гумуса, который колеблется в пределах –1,32 – –2,04 т/га.

Табл. 4. Рис. Библиогр. 5.

УДК 631.51:633.15

Черячукин Н.И., Мащенко Ю.В. Эффективность основной обработки почвы на черноземах обыкновенных северной Степи Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 123–135.

Представлены результаты стационарных и временных полевых опытов, выполненных в течение 1974–2012 гг., по изучению влияния систем обработки почвы на почвенные процессы, определяющие плодородие почвы, продуктивность сельскохозяйственных культур, их экономическую и энергетическую эффективность.

Табл. Рис. 7.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.85:631.83

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А. Длительность последействия остаточных количеств фосфорных и калийных удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 136–149.

В статье представлен материал о скорости агрохимической деградации дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от продуктивности сельскохозяйственных культур и уровня применения удобрений.

Табл. 4. Рис. 2. Библиогр. 8.

УДК 631.8:631.45:631.559

Демиденко А.В., Крывда Ю.И., Величко В.А. Структура севооборотов, обработка почвы, удобрение и плодородие черноземов Лесостепи Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 149–158.

Показано, что в современных условиях хозяйствования при отсутствии животноводства и навоза компенсация элементов питания происходит за счет нетоварной части урожая, что расценивается как биологизация севооборотов. При внесении удобрений в нетоварной части урожая содержалось достаточное количество элементов питания для получения позитивного баланса по азоту и фосфору, а в середнем на 1 га севооборота возвращается 22 кг азота, 33 кг фосфора и 102 кг калия при достижении положительного баланса органического вещества в почве.

Табл. 3. Библиогр. 8.

УДК 631.415.1:631.821.1

Богдевич И.М., Ломонос О.Л., Таврыкина О.М. Динамика степени кислотности, обеспеченности кальцием и магнием пахотных и луговых почв Беларуси

в результате известкования // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 159–172.

В результате снижения объемов известкования за период 2009–2012 гг. наблюдаются нарастающие признаки подкисления пахотных почв в большинстве районов Беларуси. Обсуждается динамика содержания обменных форм кальция и магния в почвах, а также необходимость применения требуемых объемов известкования для поддержания оптимальных диапазонов реакции почв.

Табл. 7. Рис. 3. Библиогр. 14.

УДК 631.51:631.874.3

Лапа В.В., Ульянчик В.И., Серая Т.М., Ганчаревич Т.В., Кобринец С.Н. Влияние способов заделки органического вещества на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 172–189.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве установлено влияние способов заделки соломы и зеленой массы редьки масличной, весенней обработки почвы на урожайность культур звена севооборота картофель – ячмень – озимая рожь и показатели качества сельскохозяйственной продукции.

Табл. 6. Библиогр. 9.

УДК 631.82:633.1:631.452

Титова В.И., Забегалов Н.В. Сравнительное изучение влияния цеолита и минеральных удобрений на продуктивность зерновых культур и агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 190–198.

Приведены результаты двухлетнего вегетационного опыта по изучению действия (на яровой пшенице) и последействия (на овсе) цеолита, внесенного в чистом виде (2 г/кг) или по фону минеральных удобрений (NPK по 0,25 г/кг). Установлено, что использование цеолита на неудобренной почве нестабильно и в большей мере сказывается на урожайности соломы. Минеральные удобрения в прямом действии высокоэффективны: более чем в 3 раза повышают сбор зерна и почти в 8 раз – соломы. Однако в последействии на овсе они были неэффективны, а цеолит дал достоверную прибавку урожайности основной и побочной продукции на фоне тенденции повышения массы 1000 зерен, содержания белка и крахмала в зерне. Применение цеолита приводит к снижению кислотности, повышению содержания подвижных соединений фосфора (на 29 мг/кг, или 28% к абсолютному контролю) и калия (54 мг/кг, или более 60% к контролю). Цеолит способствует увеличению содержания в почве доступных растениям форм кремния (на 30% как по отношению к контролю, так и в сравнении с вариантом NPK), что дает тенденцию повышения содержания кремния в растениях.

Табл. 8. Библиогр. 24.

УДК 631.879.42

Абрамович О.В. Баланс элементов питания при внесении органических ферментированных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 199–209.

В статье проанализированы данные расчета баланса питательных веществ и продуктивность звена севооборота картофель – овес – люпин желтый при применении новых органических и органоминеральных систем удобрения. Доказана возможность замены навоза органическими ферментированными удобрениями без снижения продуктивности почвы.

Табл. 4. Библиогр. 12.

УДК 633.1:633.82

Бурыкина С.И., Сметанко А.В., Пилипенко В.Н. Урожай и качество пшеницы озимой в условиях Степной зоны Украины // Почвоведение и агрохимии. – 2014. – № 1(52). – С. 210–225.

Представлены результаты исследований, полученные в стационарном и временных опытах. Показано, что в условиях южной Степи Украины наиболее эффективно основное внесение минеральных удобрений, в том числе и азотных. При этом обеспечивается прирост урожая на уровне 23,8, 37,0 и 60,4% по предшественникам черный пар, сидеральный пар, рапс озимый соответственно. Качество урожая соответствует первому и второму классам.

Продуктивные весенние подкормки можно проводить от январских «окон» до начала трубкования (N_{60}), при подкормках от массового трубкования до начала молочной спелости зерна в норме 30–60 кг действующего вещества азота можно в двух случаях из трех положительно повлиять на качество зерна.

Предпосевная обработка семян пшеницы озимой композицией биологических препаратов ризоагрин, ФМБ и планриз увеличивает урожайность на 5,6% по черному пару, на 10,3 – по рапсу озимому и на 13,6 – по гороху по сравнению с контрольным вариантом без их применения. Инокуляция семян биологическими препаратами не улучшала качества зерна при выращивании по таким предшественникам, как горох и рапс озимый, а по черному пару – показатели качества соответствовали параметрам третьего класса.

Табл. 10. Библиогр. 9.

УДК 633.11:631.814

Господаренко Г.Н., Ткаченко И.Ю. Формирование продуктивности пшеницы спелты в зависимости от удобрения на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 226–235.

Исследованы особенности подкормки пшеницы спелты азотными удобрениями на Правобережной Лесостепи Украины. Изучены различные дозы удобрений и сроки их внесения. Описано влияние азотных удобрений, внесенных в разные сроки, на растения пшеницы. В опыте выращивали сорт пшеницы

спельты Зоря Украины. Определяли динамику содержания подвижных соединений фосфора и калия в почве, в зависимости от доз удобрений в слое 0–20 см, запасы азота минеральных соединений ($\text{N}-\text{NO}_3^- + \text{N}-\text{NH}_4^+$) в слое 0–100 см. Приведены данные высоты растений пшеницы спельты. Учитывали урожайность зерна и определяли показатели его качества: белок, клейковину, стекловидность, натуру, индекс деформации клейковины. Сделаны выводы по применению азотных удобрений с целью повышения урожая и качества зерна пшеницы спельты.

Табл. 3. Рис. Библиогр. 17.

УДК 631.8: 633.11:631.445

Цыбулько Н.Н., Зайцев А.А., Семененко Н.Н. Влияние доз азотных и калийных удобрений на поступление ^{137}Cs в зерно и урожайность яровой пшеницы на антропогенно-преобразованной торфяной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 236–250.

На антропогенно-преобразованной торфяной почве установлено, что фосфорные и калийные удобрения в дозах $\text{P}_{60}\text{K}_{80-120}$ уменьшают поступление ^{137}Cs в зерно на 20–30%. Применение K_{160} не приводит к дальнейшему существенному снижению перехода радионуклида в продукцию. Азотные удобрения в дозах 60–90 кг/га на фоне $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ незначительно (на 4–9%) увеличивают поступление ^{137}Cs в зерно по сравнению с фосфорно-калийным фоном, а совместное внесение их с медьюсодержащим удобрением и регуляторами роста растений снижают коэффициент перехода радионуклида.

Без ограничений по плотности загрязнения почвы ^{137}Cs можно возделывать яровую пшеницу на фуражные цели. В годы с нормальным увлажнением без ограничений возможно возделывать культуру и на пищевые цели с допустимым содержанием ^{137}Cs 90 Бк/кг. При избыточной увлажненности предельная плотность загрязнения почвы для получения продовольственного зерна составляет при внесении $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и азота в дозах 60–120 кг/га – 28–31 Ки/км². Получить продовольственное зерно с содержанием ^{137}Cs до 60 Бк/кг в годы с нормальной увлажненностью возможно при применении $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ и плотностях загрязнения почвы соответственно 36, 33 и 29 Ки/км². В годы с избыточным увлажнением возделывание культуры ограничено загрязнением почвы соответственно 20, 19 и 18 Ки/км².

Рекомендуется на антропогенно-преобразованных торфяных почвах под яровую пшеницу дробное применение азотных удобрений в дозе 120 кг/га в комплексе с медьюсодержащими удобрениями и регуляторами роста растений, что обеспечивает урожайность зерна в среднем 42,8 ц/га.

Табл. 3. Рис. 2. Библиогр. 30.

УДК 633.16:631.82:631.445.2

Щетко А.И., Рыбак А.Р. Влияние применения удобрений на урожайность и вынос элементов питания ячменем при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 250–257.

При возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве оптимальной системой удобрения является применение $N_{60+60}P_{30}K_{120}$ (азотные удобрения вносили в два приема: N_{60} – под культивацию, N_{60} – в фазе 2–3 листьев) на фоне последействия 50 т/га органических удобрений. Данная система удобрения обеспечила максимальную в опыте урожайность зерна 43,8 ц/га при содержании белка 12,0%. Удельный вынос основных элементов питания составил: азот – 20,5 кг/т, фосфор – 8,7 кг/т, калий – 22,8 кг/т.

Табл. 3. Библиогр. 5.

УДК 633.15:631.8:631.445.2

Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Мезенцева Е.Г., Кирдун Т.М., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А. Агроэкономическая эффективность возделывания кукурузы по соломе ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 257–268.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве наиболее высокую урожайность зерна кукурузы 108 ц/га обеспечило внесение $N_{90+30}P_{60}K_{140}$ на фоне подстилочного навоза КРС в дозе 60 т/га и на фоне запашки соломы с жидким навозом КРС в дозе 30 т/га, при этом рентабельность запашки соломы с внесением жидкого навоза была на 43% выше. Выход сырого белка составил 966–978 кг/га, крахмала – 66 ц/га, кормовых единиц – 141,5–141,7 ц/га.

Прибавка урожайности зерна кукурузы от внесения компенсирующей дозы азота в виде карбамида в вариантах с NPK была недостоверной. В вариантах, где солома заделана без внесения дополнительного азота, прибыль в среднем была на 59 USD/га выше по сравнению с вариантом, где предусмотрено осеннее его внесение, без снижения урожайности зерна.

Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом количества данных элементов, высвободившихся из запаханной под кукурузу соломы ячменя, обеспечило получение равновеликой урожайности, как и при полных дозах NPK, при снижении затрат на удобрения на 26 USD/га и увеличении рентабельности на 3–12%.

Табл. 3. Библиогр. 7.

УДК 631.824:633.15:631.445.2

Таврыкина О.М., Богдевич И.М., Путятин Ю.В., Довнар В.А., Третьяков Е.С. Диапазон оптимального уровня содержания обменного магния в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах и эффективность серосодержащих удобрений при возделывании кукурузы // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 268–278.

Приводятся данные модельных полевых опытов 2010–2013 гг. с кукурузой на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах с четырьмя разными уровнями содержания обменного магния (1 н. KCl) – от 74–77 до 240–263 мг Mg/kg почвы при соответствующем эквивалентном соотношении $Ca^{2+}:Mg^{2+}$, от 10,7–13,2 до

2,7–2,9, $K^+:Mg^{2+}$ – от 1,30–1,04 до 0,21–0,36. Определен расчетный диапазон оптимального содержания обменного Mg в почве (180–240 мг/кг почвы) и соотношений катионов поглощающего комплекса ($Ca^{2+}:Mg^{2+}=3,5–4,0$; $K^+:Mg^{2+}=0,3–0,5$) для получения высокой урожайности зеленой массы и зерна кукурузы.

Получены существенные прибавки урожайности зеленой массы 5,0–2,6 т/га и зерна кукурузы 0,74–0,28 т/га от некорневой подкормки раствором сульфата магния, соответственно, только при низком и среднем содержании обменного магния в почве. Применение серосодержащих удобрений в дозе 60 кг/га позволило получить прибавку зеленой массы кукурузы 2,0–7,7 т/га при содержании обменного магния в почве не выше 181 мг/кг. Фосфогипс по сравнению с сульфатом аммония был более эффективен.

Табл. 2. Рис. 3. Библиогр. 15.

УДК 631.445.4:633.15

Филимончук Я.С. Влияние агрохимического фона чернозема типичного на минеральное питание кукурузы // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 279–284.

В статье приведены данные влияния агрохимического фона чернозема типичного на уровень минерального питания кукурузы на протяжении вегетации, а также изменение выноса элементов питания зеленой массой в условиях вегетационного опыта.

Табл. 2. Библиогр. 9.

УДК 631.81.095.337:631.559:[633.112.9'324'+633.15]

Вильдфлущ И.Р., Мастерова Е.М. Влияние микроудобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания озимой тритикале и кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 284–292.

Впервые на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси были проведены исследования по влиянию микроудобрений в хелатной форме Адоб Си, Адоб Mn и Адоб Zn, комплексного препарата, содержащего макро- и микроэлементы Басфолиар 36 экстра и комплексных препаратов, содержащих микроэлементы в хелатной форме и регуляторы роста, МикроСил–Медь–Л и ЭлеГум–Медь на урожайность и экономическую эффективность возделывания озимой тритикале и кукурузы.

Табл. 4. Библиогр. 14.

УДК 631.445: 631.821.1

Сафоновская Г.М., Пироговская Г.В. Урожайность и качество проса на кислой деградированной торфянной почве в зависимости от доз и форм

известковых мелиорантов // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 292–309.

В полевом стационарном опыте изучено действие различных доз, форм и смесей мелиорантов на кислой деградированной торфяной почве при возделывании проса на зеленый корм и зерно. Установлено, что в первый год действия известковые мелиоранты положительно влияли на урожайность и качество культуры. Наибольшее влияние на прирост урожайности зеленой массы проса оказали мелиоранты в дозе 2,0 т/га CaCO_3 , в частности, дефекат (15–34 ц/га при окупаемости 1 т CaCO_3 7,5–17,0 ц/га), а максимальный прирост урожайности зерна проса получен от доз мелиорантов 4,0 т/га CaCO_3 (3,0–4,0 ц/га зерна при окупаемости 1 т CaCO_3 0,7–1,0 ц/га зерна).

Табл. 5. Библиогр. 9.

УДК 631.8.022.3:633.367:631.559

Сороко В.И., Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Исаева О.И. Влияние комплексных удобрений на урожайность и качество зеленой массы и семян люпина узколистного на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 309–325.

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния комплексных форм NPK с микроэлементами на урожай и качество зеленой массы и зерна люпина узколистного, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах. Комплексные удобрения с микроэлементами ($\text{NPK} + \text{B}, \text{Mo}, \text{Mn}$, $\text{NPK} + \text{B}, \text{Mo}$) в дозе $\text{N}_{15}\text{P}_{50}\text{K}_{100}$ были более эффективными по сравнению со смесями NPK и комплексными удобрениями без микроэлементов: прибавка урожайности зеленой массы составила 19–40 ц/га, урожайности семян ($\text{NPK} + \text{B}, \text{Mo}, \text{Mn}$, $\text{NPK} + \text{B}, \text{Mo}$ и $\text{NPK} + \text{B}$) – 2,8–4,0 ц/га.

Качество зеленой массы люпина при внесении комплексных NPK с микроэлементами улучшалось за счет увеличения сбора сырого протеина на 0,3–2,9 ц/га, или 2,2–21,2%, обеспеченности 1 кормовой единицы переваримым протеином – на 3,1–17,8 г (106,8,0–127,7 г). Качество семян люпина также улучшалось: сбор протеина увеличивался на 0,5–1,3 ц/га (7,2–17,7%), обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином – на 4,6–10,4 г (178,1–188,1 г/кг), содержание незаменимых аминокислот – на 0,97– 7,59 г/кг, или 1,2–9,5% в сравнении с комплексным удобрением без добавок (78,09–79,76 г/кг).

Табл. 11. Библиогр. 20.

УДК 631.872: 631.582:633.367

Анисимова Т.Ю. Особенности использования соломы в полевом севообороте с узколистным люпином на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 326–333.

В полевых опытах на дерново-подзолистой супесчаной почве Мещерской низменности установлена высокая агрономическая эффективность адаптивного звена севооборота с узколистным люпином, выращиваемым на зерно,

картофелем и ячменем при внесении под люпин соломы озимой пшеницы. Солома в сочетании с симбиотическим азотфиксатором (люпином) показала себя эффективным ресурсовосстанавливающим фактором и перспективным резервом воспроизводства плодородия почв без участия азота минеральных удобрений.

Табл. 7. Библиогр. 5.

УДК 631.445:631.427

Михайлowsкая Н.А., Барашенко Т.Б., Дюсова С.В., Пикун П.Т., Жила Г.В. Влияние бактериального удобрения Азобактерин на урожайность многолетних злаковых трав, качество и аккумуляцию радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 333–347.

В полевых экспериментах показано, что применение бактериального удобрения Азобактерин (*A. brasiliense* B4485) повышало урожайность многолетних злаковых трав и снижало аккумуляцию радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции. Рассмотрены основные факторы положительного действия Азобактерина на качество многолетних трав при возделывании на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных радионуклидами.

Табл. 4. Рис. 4. Библиогр. 24.

УДК 631.81.095.337:633.432

Пироговская Г.В., Мысливец Д.Г., Почицкая И.М. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами и орошения на биохимические показатели качества корнеплодов моркови при ранних и поздних сроках уборки // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 347–363.

В статье приводятся данные по влиянию комплексных удобрений с микроэлементами (хлорсодержащих и бесхлорных) и азотно-серосодержащих удобрений на фоне РК и капельного орошения на качественные показатели (каротин, витамин С, растворимые сахара, органические кислоты и пектиновые вещества) корнеплодов моркови при ранних и поздних сроках уборки. Установлено, что применение вышеуказанных агротехнических приемов при возделывании моркови положительно сказывается на улучшении качества корнеплодов при разных сроках уборки.

Табл. 4. Библиогр. 12.

УДК 633.88:582.975:631.81.095.337

Лапа В.В., Ничипорук А.Г. Влияние сроков проведения некорневых подкормок микроэлементами на продуктивность валерианы лекарственной на дерново-подзолистых супесчаных почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 363–370.

Для получения максимальной урожайности корней и корневищ валерианы лекарственной (46,4 ц/га) и наибольшего сбора экстрактивных веществ с

единицы площади (13,1 ц/га) необходимо проводить некорневые подкормки микроэлементами в 3 срока: в 3 декаде июня, в 3 декаде июля и в 3 декаде августа. В каждую подкормку рекомендуется вносить 3 микроэлемента – $B_{100}Cu_{100}Zn_{100}$ в хелатных формах.

Табл. 3. Библиогр. 5.

УДК 633.791:581.143.6:581.522.4

Кастрицкая М.С., Кухарчик Н.В., Гашенко О.А. Адаптация сортов хмеля после культивирования *in vitro* // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 370–379.

Исследования проведены в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства».

Впервые в условиях Беларуси создана основа для развития собственного производства оздоровленного посадочного материала хмеля, в том числе определены адаптационные субстраты и показана эффективность адаптации *ex vitro* растений-регенерантов хмеля.

Табл. Рис. 7. Библиогр. 14.

УДК 633.15:631.8

Сташкевич А.В., Сорока С.В. Вынос элементов питания сорными растениями в посевах кукурузы, возделываемой на зерно // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 379–386.

В результате полевых исследований, проведенных в 2012 г. на опытном поле РУП «Институт защиты растений», изучен вопрос по выносу элементов питания сорными растениями и кукурузой, возделываемой на зерно. Установлено, что особенно интенсивно поглощают элементы питания сорные растения, формирующие мощную вегетативную массу. В посевах кукурузы наибольший вынос элементов питания из однодольных сорняков приходился на просо куриное, из двудольных – на трехреберник непахучий и марь белую.

Табл. Библиогр. 12.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Почвоведение и агрохимия» согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 4.07.2005 № 101 включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Направляемые статьи должны являться оригинальными материалами, не опубликованными ранее в других печатных изданиях.

Текст научной статьи должен быть подготовлен в соответствии с требованиями главы 5 Инструкции по оформлению диссертации, авторефера и публикаций по теме диссертации (утверждена Постановлением ВАК Республики Беларусь от 22.02.2006 № 2) и иметь следующую структуру: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); введение; основную часть (разделы – методика и объекты исследования, результаты исследований и их обсуждение), выводы, список цитированных источников. К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (с переводом названия статьи, фамилий авторов). Статья должна быть подписана всеми авторами.

Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А4, но не менее 14 тыс. печатных знаков. Все материалы представляются распечатанными на белой бумаге.

Электронный вариант должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word шрифтом Arial (размер кегля – 10 pt, через одинаковый интервал, абзац – 0,75). Рисунки даются в формате TIF.JPG 300–600 точек на дюйм. Текст на рисунках также должен быть набран гарнитурой Arial, размер кегля соизмерим с размером рисунка. Подписи к рисункам и схемам делаются отдельно.

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок по тексту должны быть написаны внутри квадратных скобок (например [1], [2]). Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

Поступившая статья направляется на рецензию, затем визируется членом редколлегии и рассматривается на заседании редколлегии. Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии.

Редакция оставляет за собой право вносить в текст редакционную правку.

Ответственная за выпуск *Н.Ю. Жабровская*
Редакторы *Т.Н. Самосюк, В.А. Долгая*
Компьютерная верстка *В.А. Долгой*

Подписано в печать. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.
Усл. п.л. Уч.-изд. л. Тираж 120 экз. Заказ.

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов
Республики Беларусь»
Свидетельство о гос. регистрации № 2/41 от 29.01.2014
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17