

ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1961 г.

**№ 1(56)
Январь – июнь 2016 г.**

Минск
2016

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

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. ЛАГА*

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

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

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

*№ 1(56)
Январь – июнь 2016 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, 90
Тел. (017) 212-08-21, факс (017) 212-04-02
E-mail brissainform@mail.ru

© Республиканское научное дочернее унитарное
предприятие «Институт почвоведения
и агрохимии», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Шибут Л.И., Цытрон Г.С., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В. Оценка сельскохозяйственных земель в Беларуси: история, современное состояние, перспективы	7
Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Касьяненко И.И. Современное агрофизическое состояние почв Центральной почвенно-экологической провинции.....	15
Червань А.Н., Цырибко В.Б., Устинова А.М. Данные агрофизических свойств почв в формировании почвозащитных систем земледелия с применением ГИС-технологий на примере Браславского района Витебской области	25
Цырибко В.Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе	36
Шовковская А.В. Оценка точности методов определения состава и свойств почв	44
Бородин А.Л. Оценка агрофизического состояния почв после предпосевной обработки по ее твердости	50
Воротынцева Л.И. Особенности почвообразования чернозема обыкновенного в постирригационный период	60
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Стегэреску Г.Г., Бургеля А.Н. Сравнительное изучение минералогического состояния аллювиальной почвы притеррасной поймы низовья Днестра и стагникового чернозема на водоразделе северной Молдовы.....	73
Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Стегэреску Г.Г., Бургеля А.Н. Аллювиальная почва притеррасной поймы Днестра и стагниковый чернозем: природные резервы калия по минералогическим показателям	86

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Лапа В.В., Кулеш О.Г., Мезенцева Е.Г. Особенности удобрения яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия.....	93
---	----

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А., Шумак С.М. Эффективность систем удобрения озимой ржи при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.....	105
Кирдун Т.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Влияние заправки побочной продукции предшественников и доз минеральных удобрений на урожайность гречихи на дерново-подзолистой супесчаной почве	121
Вильдфлуш И.Р., Пироговская Г.В., Мишура О.И., Малашевская О.В. Влияние новых комплексных удобрений и регуляторов роста на биометрические показатели, урожайность и качество гороха полевого	129
Ионас Е.Л., Вильдфлуш И.Р., Пироговская Г.В. Применение новых форм удобрений при возделывании среднепозднего сорта картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	137
Ткаченко Н.А., Шкляр В.Н. Влияние известкования при разных системах удобрения на качественный состав гумуса серой лесной почвы	145
Сороко В.И., Пироговская Г.В. Влияние систем удобрения на урожайность бобово-злаковой травосмеси на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве	153
Семененко Н.Н., Каранкевич Е.В., Авраменко Н.М. Влияние способов основной обработки почвы и систем удобрения на урожайность маслосемян озимого рапса, возделываемого в звене кормового севооборота на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья	169
Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Сороко В.И., Исаева О.И., Бобовкина В.В., Шиманский Л.П. Влияние новых форм комплексных удобрений при основном внесении в почву на урожайность и качество маслосемян подсолнечника	176
Рак М.В., Титова С.А., Николаева Т.Г. Эффективность применения борного удобрения ЭТИДОТ-67 при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах.....	193
Михайловская Н.А., Рак М.В., Пукалова Е.Н., Дюсова С.В. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором на ее ферментативную активность и урожайность картофеля	201
Рефераты	212
Правила для авторов	220

CONTENTS
1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Shibut L.I., Tsytron G.S., Azarenok T.N., Matychenkova O.V. Evaluation of agricultural land in Belarus: history, current status and perspective.....	7
Chernysh A.F., Ustinova A.M., Tsyribko V.B., Kas,yanenko I.I. Current state of agrophysical properties of soils of Belorussian ridge	15
Chervan A.M., Tsyribko V.B., Ustinova A.M. Agrophysical properties soil data in formation of soil-protection land management systems using GIS-technologies at the example of Braslav district Vitebsk region.....	25
Tsyribko V.B. Determination of the optimal parameters of soil agrophysical properties and assessment of the current status based on them.....	36
Shovkovskaya A.V. Assessment of accuracy the methods of determining the composition and properties of soil.....	44
Borodin A.L. Assessment of agrophysical state the of soil after seedbed preparation by soil penetration resistance.....	50
Vorotyntseva L.I. Features of soil formation of chernozem ordinary in the post irrigation period.....	60
Alekseev V.E., Cherbar' V.V., Stegeresku G.G., Burgelya A.N. Comparative study of the mineralogical state of alluvial soil of terrace floodplains of the lower Dniester river and stagnic chernozem on watershed of the northern Moldova	73
Alekseev V.E., Cherbar' V.V., Stegeresku G.G., Burgelya A.N. alluvial soil of terrace floodplain Dniester and stagnic chernozem: natural reserves by potassium mineralogical indicators.....	86

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Lapa V.V., Kulesh O.G., Mezentseva E.G. Features of spring wheat fertilization in cultivation on sodpodzolic light loamy soil with very high phosphorus and potassium content	93
Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Gracheva A.A., Shumak S.M. Effectiveness of fertilizer systems for winter rye growing on luvisol loamy sand soil.....	105
Kirdun T.M., Seraya T.M., Bogatyrova E.N., Biryukova O.M., Belyavskaya Yu.A., Torchilo M.M. Influence of plowing the precursor byproducts and mineral fertilizers doses on buckwheat productivity on sodpodzolic sandy loam soil.....	121

Vildflush I.R., Pirogovskaya G.V., Mishura O.I., Malashevskaya O.V. Influence of new complex fertilizers and growth regulators on biometric indexes, productivity and quality of field peas.....	129
Ionas E.L., Vildflush I.R., Pirogovskaya G.V. adoption of new forms fertilizers in cultivation medium late potatoes variety on sodpodzolic light loam soil.....	137
Tkachenko N.A., Shklyar V.N. Influence of liming for different fertilization systems on grey forest soil humus quality.....	145
Soroko V.I., Pirogovskaya G.V. Impact of fertilizer systems on yield of perennial legume-grass mixtures on podzoluvisol loamy sand soil.....	153
Semenenko N.N., Karankevich E.V., Avramenko N.M. Impact agrobiotechnological techniques on productivity of oil seed winter rape cultivated in a link of fodder crop rotation on the antropogentransformed peat soils of Polesye.....	169
Pirogovskaya G.V., Khmelevskij S.S., Soroko V.I., Isaeva O.I., Bobovkina V.V., Shimanskij L.P. Influence of complex fertilizers new forms in the basic application on productivity and quality of sunflower oil seed.....	176
Rak M.V., Titova S.A., Nikolaeva T.G. Efficiency of boron fertilizer ETIDOT-67 in cultivation of agricultural crops on sodpodzolic soils.....	193
Mikhailouskaya N.F., Rak M.V., Pukalova E.N., Dyusova S.V. effect of luvisol loamy sand soil supply by boron on enzymes activity and potato yields.....	201
Summaries	212
Rules for authors	220

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.474:631.452

ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В БЕЛАРУСИ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Л.И. Шибут, Г.С. Цытрон, Т.Н. Азаренок, О.В. Матыченкова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Для успешного ведения сельскохозяйственного производства необходимо иметь достоверную научно обоснованную информацию о количестве и качестве земли в каждом хозяйстве. С этой целью в республике периодически проводятся почвенные, агрохимические и другие специальные обследования сельскохозяйственных земель. Завершающим этапом всех этих обследований является оценка земель, которая в условных единицах (баллах) показывает их плодородие применительно к возделыванию сельскохозяйственных культур. Работы по оценке земель начались в Беларуси в 60-х годах прошлого столетия и за это время было проведено четыре тура землеоценочных работ. В течение всего этого времени методика оценки совершенствовалась и развивалась (уточнялась, дополнялась), менялось даже название самой оценки. В разные периоды она называлась по-разному: бонитировка почв, качественная оценка земель, оценка плодородия почв, кадастровая оценка. Особенно большое значение приобрела оценка земель в последние годы в связи с развитием рыночных отношений в сельском хозяйстве. В связи с этим и необходимостью обновления результатов предыдущего тура оценки в настоящее время в республике проводится пятый тур оценки сельскохозяйственных земель (второй тур кадастровой оценки).

Цель исследований – дать анализ методик и результатов оценки сельскохозяйственных земель на протяжении всего периода развития землеоценочных работ в Беларуси, их использования и применения в народном хозяйстве, показать те работы и исследования по оценке земель, которые проводятся в настоящее время в республике.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На протяжении всего периода развития землеоценочных работ в Беларуси объекты и методы исследований, которые использовались при разработке оценочных шкал и поправочных коэффициентов, являющихся основой оценки земель, существенно не менялись.

Объектами исследований являлось все разнообразие почв сельскохозяйственных земель Беларуси (по типовой принадлежности, степени увлажнения, гранулометрическому составу), другие факторы (свойства почв, характеристики участков), влияющие на их плодородие, а также производительная способность почв по отношению к различным сельскохозяйственным культурам, возделываемым в республике.

Полевые исследования проводились путем подбора участков для учетов урожайности (закладка почвенных разрезов, их привязка, описание, отбор образцов для аналитических исследований), а также путем закладки вегетационных опытов.

Производительная способность почв определялась методом полевых мелкоделяночных учетов урожайности сельскохозяйственных культур в производственных посевах в сравнимых условиях агротехники, по данным вегетационных и полевых опытов института, по средней урожайности культур на полях, где проводились исследования (по данным хозяйств), статистическим данным по урожайности культур в хозяйствах.

При выполнении землеоценочных работ использовались материалы крупномасштабных почвенных и агрохимических исследований, периодически проводимых в республике, материалы других специальных исследований и расчетов, выполняемых землеустроительной службой, данные метеорологических наблюдений по метеостанциям и др.

Аналитические исследования выполнялись общепринятыми методами в лаборатории агрохимических анализов РУП «Институт почвоведения и агрохимии», а также в лабораториях РУП «Проектный институт Белгипрозем».

Для анализа и сравнения оценок использовались методики и результаты всех предыдущих туров оценки земель в республике.

Обработка данных проводилась методами математической статистики и сравнительного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первый тур оценки земель (бонитировки почв) колхозов и госхозов в Беларуси был проведен в 1964–1969 гг. Методика этой оценки впервые в республике была разработана в БелНИИ почвоведения и агрохимии [1].

Однако с течением времени, в связи с проведением работ по повышению плодородия почв (внесение органических и минеральных удобрений, известкование, проведение осушительной мелиорации и культуртехнических работ) качественное состояние земельных угодий изменялось и, следовательно, баллы бонитета почв нуждались в периодическом обновлении.

Одновременно совершенствовались методические подходы, разрабатывались теоретические вопросы бонитировки почв и в результате в 1974–1975 гг. был проведен второй [2], а в 1984–1985 гг. – третий тур землеоценочных работ [3].

Результаты этих оценок в свое время широко использовали при решении различных задач сельскохозяйственного производства. Однако недостатком всех ранее проведенных в республике оценок почв являлось то, что оценочные работы выполнялись на межхозяйственном уровне с установлением баллов, отражаю-

щих общих уровень плодородия почв по угодьям (видам земель). В то же время качество почв отдельных производственных подразделений в хозяйствах, полей и участков не устанавливалось. Поэтому в 90-х годах прошлого века в связи с реформированием рыночных отношений в сельском хозяйстве, назрела необходимость в проведении более углубленной оценки земель, позволяющей получать оценочные показатели по отдельным земельным участкам внутри хозяйств при возделывании на них различных культур, а также устанавливать размеры платежей за предоставленные во владение, пользование и собственность, земельные участки. В связи с этим было принято решение о проведении в республике поучастковой кадастровой оценки земель.

Методика этой оценки была разработана совместно специалистами Проектного института Белгипрозем и БелНИИ почвоведения и агрохимии. В 1997–1998 гг. по этой методике в республике проведена оценка земель сельскохозяйственных предприятий, которая была названа кадастровой, так как явилась составной частью государственного земельного кадастра республики [4].

Результаты этой оценки широко использовались и применялись для дифференциации ставок земельного налога, обоснования землеустроительных проектов, для прогнозирования и оценки результатов хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций, при решении других задач по обеспечению рационального использования и охраны почвенных ресурсов сельскохозяйственных земель [5, 6].

Анализ результатов, проведенных в республике оценок [1, 2, 3, 5], показывает, что оценочные баллы по видам земель (угодьям) от тура к туру существенно изменялись. Причем это изменение шло в основном в сторону уменьшения баллов (табл. 1). Однако это не значит, что снижалось и плодородие почв. Средняя урожайность зерновых за эти годы значительно увеличилась (в 1965 г. она составила 11,5 ц/га; в 2000 г. – 22,9 ц/га, а средняя за 2011–2015 гг. – 33,9 ц/га). Снижение балльной оценки почв связано в первую очередь с тем, что с течением времени менялась методика проведения оценок: изменялось количество почвенных разновидностей в шкале оценочных баллов, уточнялась их балльная оценка; уточнялись поправочные коэффициенты, учитывающие другие факторы, характеристики и свойства, влияющие на плодородие почв (культуртехнические, агрохимические, климатические, мелиоративные), также увеличивалось количество этих факторов; уточнялся компонентный состав почвенного покрова в результате проведения очередных почвенных обследований (за это время проведено три тура крупномасштабного почвенного обследования сельскохозяйственных земель), изменялись некоторые методы аналитических исследований почв (так, например, определение гранулометрического состава) и т.д.

За истекший после первого тура кадастровой оценки земель период (более 15 лет), произошли существенные изменения в составе, названиях и границах землепользований сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Появились новые данные о компонентном составе почвенного покрова и свойствах почв в связи с проведенными работами по корректировке материалов мелиорированных земель, новому агрохимическому обследованию, отмечены изменения и в агроклиматических условиях Беларуси. В связи с этим Советом Министров Республики Беларусь было принято решение (№ 06/307-341 от 25 июня 2008 г.) о проведении в республике второго тура кадастровой оцен-

ки земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств, которую предполагается завершить в текущем 2016 году. Для исполнения этого решения Проектным институтом Белгипрозем и Институтом почвоведения и агрохимии, была усовершенствована (уточнена и дополнена) методика для проведения второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель в республике [7].

Таблица 1

**Сравнение оценок плодородия почв
сельскохозяйственных земель Беларуси по турам**

Тур оценки (год)	Результаты оценок по видам земель (угодыям), баллы				Методика				
	Сельскохозяйственные земли (всего)	в том числе			Количество почвенных разновидностей в шкале	Количество поправочных коэффициентов	Вид оценки (общая – по виду земель, частная – по культурам)	Первичная единица (объект) оценки (почвенная / территориальная)	Количество показателей оценки
		Пахотные	Под постоянными культурами (сады)	Луговые (кормовые) – сенокосы, пастбища					
I (1964–1969)	39	45	50	27	98	6	общая	разновидность почв/ вид земель	1
II (1974–1975)	35	40	44	28	99	6	общая	разновидность почв/ вид земель	1
III (1984–1985)	34	36	35	31	150	7	общая	разновидность почв/ вид земель	1
IV (I тур кадастровой оценки) (1997–1998)	28,9*	31,2		26,8/ 15,2**	266	8	общая и частная (для 13 культур)	разновидность почв/ рабочий участок	4
V (II тур кадастровой оценки) (2015–2016)	оценка не завершена				332	9	общая и частная для 16 культур)	разновидность почв/ рабочий участок	4

Примечание. *Баллы плодородия почв по кадастровой оценке.

**Улучшенные/естественные луговые земли.

Согласно этой методике земля (почва) рассматривается и как природное тело, обладающее плодородием, и как средство сельскохозяйственного производства с учетом современного культуртехнического состояния и местоположения. В свя-

зи с этим, кадастровая оценка земель состоит из трех самостоятельных частей (этапов):

- 1) оценка плодородия почв рабочих участков, характеризующая уровень урожайности сельскохозяйственных культур;
- 2) оценка их технологических свойств и местонахождения, характеризующая уровень затрат на выполнение полевых и транспортных работ, связанных с сельскохозяйственным производством;
- 3) обобщающая оценка земли как средства производства (возделывания сельскохозяйственных культур) с расчетом нормативного чистого дохода и дифференциального дохода на 1 га, а также общего балла кадастровой оценки земель.

Оценка плодородия почв является первой и наиболее важной составной частью комплексной кадастровой оценки сельскохозяйственных земель и заключается в определении их пригодности по совокупности природных свойств для возделывания сельскохозяйственных культур. Она предусматривает получение следующих показателей, характеризующих качество земли:

- бонитет почв в баллах (исходный балл почв);
- оценочный балл плодородия почв рабочих участков для сравнительной характеристики их пригодности при возделывании основных сельскохозяйственных культур исходя из почвенного покрова и наличия факторов дополнительно влияющих на урожайность.

Основой оценки плодородия почв является шкала оценочных баллов. Для второго тура кадастровой оценки земель она была значительно расширена и дополнена (по сравнению с предыдущей) за счет включения в нее новых почвенных разновидностей и культур, которые ранее не оценивались, а также уточнения балльной оценки некоторых разновидностей, по которым были получены новые данные об их производительной способности [8]. В новой шкале в зависимости от типа, увлажнения и гранулометрического состава отражена балльность 332 почвенных разновидностей для возделывания на них 16 сельскохозяйственных культур или их групп: озимой ржи, озимой пшеницы, озимой тритикале, яровой пшеницы, ячменя, овса, кормового люпина, гороха, вики, пелюшки, льна, сахарной свеклы, корнеплодов, рапса, картофеля, кукурузы, многолетних бобовых трав, многолетних злаковых трав, бобово-злаковых травосмесей.

Другие факторы и характеристики, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур, учитываются с помощью поправочных коэффициентов, которые последовательно вводятся к исходному баллу почв по шкале. В результате получается окончательный (фактический) балл. Для второго тура кадастровой оценки земель вся система поправочных коэффициентов также была уточнена и усовершенствована: разработаны новые коэффициенты на генезис почвообразующих пород, уточнены коэффициенты на эродированность и завалуненность, уточнены оптимальные параметры агрохимических свойств почв для расчета индекса окультуренности и др. [9]. Всего в этом туре кадастровой оценки посредством поправочных коэффициентов учитываются девять характеристик почв или участков: эродированность, каменистость (завалуненность), агрохимические свойства почв (окультуренность), контурность (площадь отдельно обрабатываемого участка или удельный периметр), мелиоративное состояние осушенных земель, неоднород-

ность почвенного покрова, генезис почвообразующих пород, агроклиматические условия, закустаренность.

При проведении оценочных работ в сельскохозяйственных организациях оцениваются пахотные земли, земли под многолетними насаждениями, луговые земли (отдельно улучшенные и естественные).

Баллы плодородия почв, полученные на первом этапе оценки, могут использоваться самостоятельно, и в то же время служат основой для проведения двух следующих ее этапов: оценки технологических свойств и местоположения рабочих участков и обобщающей оценки земли как средства сельскохозяйственного производства, в результате которой определяются следующие показатели оценки: нормативный чистый и дифференциальный доход на 1 га (по отношению к средним или худшим условиям республики) и общий балл кадастровой оценки земель. Нормативный чистый доход и дифференциальный доход устанавливаются в условных единицах, эквивалентных доллару США по курсу Национального банка Беларуси.

Согласно этой методике РУП «Проектный институт Белгипрозем» ведет подготовку исходной информации для оценки и расчет оценочных показателей, РУП «Институт почвоведения и агрохимии» осуществляет научно-методическое сопровождение всех работ по кадастровой оценке и контроль за качеством подготовки исходных данных.

Наряду с выполнением работ по кадастровой оценке земель в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в последние годы проводятся исследования по оценке плодородия почв исходя из внутренней энергии гумуса, заключенной в агрогумусовом (пахотном) горизонте почвы [10–12], так как гумус является одним из основных естественных аккумуляторов и источников энергии на Земле. Он используется живыми организмами для своей жизнедеятельности, влияет на почвенные процессы и продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур и, следовательно, в значительной степени определяет плодородие почв, а основная доля его запасов в минеральных почвах Беларуси сосредоточена именно в пахотном горизонте. К тому же данные по содержанию гумуса в пахотном горизонте имеются по всем элементарным участкам (по материалам крупномасштабного агрохимического обследования почв) и обновляются через каждые четыре года. При расчете внутренней энергии гумуса используются следующие критерии: мощность агрогумусового горизонта, содержание в нем гумуса и плотность сложения.

Запас внутренней энергии почвенного гумуса определяется по общепринятой формуле [13], несколько усовершенствованной нами для ее использования в производственных условиях:

$$U = S \cdot H \cdot D \cdot C \cdot 5,5 \cdot K_D,$$

где U – внутренняя энергия гумуса в пахотном слое (горизонте) почвы на площади 1 м² ккал/м²; S – расчетная площадь, см² (1 м² = 100·100см²); H – мощность слоя (горизонта) почвы, см; D – плотность сложения слоя (горизонта) почвы, г/см³; C – содержание общего гумуса, % (доля гумуса); 5,5 – энергия гумуса, ккал/г; K_D – поправочный коэффициент на плотность сложения почв, превышающую оптимальную. Перевод энергетических запасов гумуса в условные единицы оценки (баллы) осуществляется по соотношению: 1000 ккал/м² = 1 балл (или же в системе СИ 1 балл = 4187 кДж/м²).

Так как реализация энергетических запасов гумуса возможна в определенных условиях температурного режима, увлажнения, агроэкологического состояния, то к полученному по этой формуле баллу, также вводятся корректирующие коэффициенты на факторы, лимитирующие плодородие почв.

Оценка эффективного плодородия почв, основанная на энергетических запасах гумуса, позволяет более объективно оценить его уровень в зависимости от степени окультуренности почв. Это, в первую очередь, касается высококультуренных почв (агроземов), которые выделены в новой классификации почв Беларуси и картографирование которых предполагается в очередном туре почвенных обследований (или корректировки почв) [14–15]. Она может также служить дополнительным фактором при определении степени пригодности почв под различные культуры. В перспективе возможность использования этого метода для оценки плодородия почв в сельскохозяйственных предприятиях может быть рассмотрена при подготовке очередного (следующего) тура оценки земель в республике.

ВЫВОДЫ

Развитие землеоценочных работ в Беларуси началось в 60-х годах прошлого века. За это время проведено 4 тура оценки сельскохозяйственных земель: 3 тура общей оценки, которая имела различные названия (бонитировка, качественная оценка, оценка плодородия почв) и один тур поучастковой частной оценки под различные культуры (кадастровая). Результаты этих оценок широко использовались для решения различных задач в сфере сельскохозяйственного производства и земельных отношений.

В настоящее время в Беларуси проводится (завершается) второй тур кадастровой оценки сельскохозяйственных земель (пятый общий тур) по усовершенствованной методике, в которой по сравнению с предыдущим туром увеличено количество почвенных разновидностей в шкале оценочных баллов до 332 и количество оцениваемых культур до 16; уточнена балльная оценка отдельных почвенных разновидностей и величина поправочных коэффициентов на неблагоприятные факторы ведения сельскохозяйственного производства. Оценка проводится на основании новых материалов почвенного и агрохимического обследования земель.

В Институте почвоведения и агрохимии в последние годы проводятся исследования по разработке нового метода оценки плодородия почв на энергетической основе, который заключается в расчете внутренней энергии гумуса, содержащегося в агрогумусовом (пахотном) горизонте. Такая оценка позволяет более объективно оценить плодородие почв в зависимости от степени их окультуренности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качественная оценка земель в колхозах и совхозах БССР / А.Г. Медведев [и др.]; под общ. ред. С.Г. Скоропанова. – Минск: Урожай, 1971. – 328 с.
2. Качественная оценка земель в колхозах и совхозах БССР / под ред. акад. ВАСХНИЛ Т.Н. Кулаковской. – 2-е изд. – Минск: Ураджай, 1977. – 200 с.
3. Оценка плодородия почв Белоруссии / Н.И. Смяна [и др.]; под общ. ред. Н.И. Смяна. – Минск: Ураджай, 1989. – 359 с.

4. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственных предприятий: метод. указания / Г.И. Кузнецов [и др.]; Госкомзем. – Минск, 2001. – 116 с.
5. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств / Г.И. Кузнецов [и др.]. – Минск, 2000. – 136 с.
6. Показатели кадастровой оценки земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств / Г.И. Кузнецов [и др.]. – Минск, 2010. – 126 с.
7. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Содержание и технология работ / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 137 с.
8. Совершенствование шкалы оценочных баллов для очередного тура кадастровой оценки земель в Беларуси / Л.И. Шибут [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 2(41). – С. 17–24.
9. Цытрон, Г.С. Совершенствование системы поправочных коэффициентов для оценки земель в Беларуси / Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2(47). – С. 22–30.
10. К вопросу оценки почв на энергетической основе / Г.С. Цытрон [и др.] // Почва, удобрение, урожай: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедр агрохимии и почвоведения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Горки, 24–26 мая 2011 г. / редкол.: В.Б. Воробьев (отв. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – С.168–169.
11. Оценка эффективного плодородия почв Беларуси на энергетической основе / Г.С. Цытрон [и др.] // Земледелие и защита растений. – № 4. – 2013. – С. 44–47.
12. Оценка плодородия почв Беларуси, выполненная разными методами / Г.С. Цытрон [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр., под редакцией чл.-корр. НАН Беларуси В.К. Пестиса. Т. 29. Агрономия. – Гродно, ГГАУ, 2015. – С. 172–178.
13. Ковда, В.А. Основы учения о почвах / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Кн. 1. – 446 с.
14. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон // Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 220 с.
15. Примерный номенклатурный список почв Республики Беларусь (для целей крупномасштабного картографирования и кадастровой оценки сельскохозяйственных земель) / Г.С. Цытрон [и др.]. – Минск, 2013. – 63 с.

EVALUATION OF AGRICULTURAL LAND IN BELARUS: HISTORY, CURRENT STATUS AND PERSPECTIVE

L.I. Shibut, G.S. Tsytron, T.N. Azarenok, O.V. Matychenkova

Summary

The article describes the history of the development of agricultural land evaluation in Belarus, an analysis of previous evaluations, their methods and results, use in

agricultural production. The authors present the methodology for the current cadastral valuation of land, its differences from previous estimates. The article presents the basic methodological position of being developed energy assessment of soil fertility, based on the internal energy reserves of humus, contained in the arable soil horizon.

Поступила 06.04.16

УДК 631.4

СОВРЕМЕННОЕ АГРОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

А.Ф. Черныш, А.М. Устинова, В.Б. Цырибко, И.И. Касьяненко

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В Центральной почвенно-экологической провинции наиболее распространены почвы, сформированные на лессовидных и лессовых суглинках, приуроченные к Белорусской гряде, представляющей собой целый ряд самостоятельных возвышенностей (Волковысская, Минская, Новогрудская, Оршанская и др.), расчлененных сложной сетью речных долин. Первоначальные породы значительно изменены и сортированы деятельностью поверхностных вод, частично снесены с водоразделов в понижения и на склоны, где формируется делювий лессовидного характера. Самые обширные массивы дерново-подзолистых почв, развивающихся на лессовидных и лессовых суглинках, приурочены к юго-западным склонам Минской возвышенности, Оршанской возвышенности, северу Оршанско-Могилевской равнины, а также к Новогрудской возвышенности и Копыльской гряде [1].

В состав Центральной почвенно-экологической провинции входят также обширные пространства приледниковых зандровых равнин, представленных преимущественно дерново-подзолистыми и дерново-подзолистыми заболоченными почвами, сформированными на водно-ледниковых почвообразующих породах [2]. Проблема рационального использования такого разнообразия почв стоит сейчас особенно остро.

Физическое состояние почв имеет большое значение в формировании плодородия. К наиболее значимым физическим свойствам относятся плотность сложения, общая пористость, агрегатный состав, запасы продуктивной влаги, наименьшая влагоёмкость, водопроницаемость и тепловые свойства почв. Перечисленные свойства почв необходимо, в первую очередь, принимать во внимание, т.к. только с помощью их регулирования возможно формирование оптимального водного, воздушного, теплового и питательного режимов, исключительно важных для нормального роста и развития растений [3–6].

Кроме того, в настоящее время в странах с интенсивным земледелием проблема переуплотнения почв сельскохозяйственной техникой выдвигается на одно из первых мест в ряду негативных последствий антропогенных воздействий на почву. Результатом существенного уплотнения пахотного и подпахотного слоев почв является снижение урожайности сельскохозяйственных культур [7–8].

Поэтому исследования по установлению современного состояния агрофизических свойств почв и приемов их регулирования приобретают большую актуальность в настоящее время.

Цель исследований заключалась в оценке современного агрофизического состояния почв, наиболее широко представленных в Центральной почвенно-экологической провинции. Полученные результаты использованы при разработке оптимальных параметров агрофизических свойств и приемов их регулирования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выбор опорных разрезов для изучения водно-физических свойств определялся многими факторами: масштабами и географией распространения почв, генезисом почвообразующих пород, их гранулометрическим составом, строением почвенного профиля, степенью развития основного и накладывающих почвообразовательных процессов. Исходя из этих соображений, в процессе почвенных экспедиций, проведенных в конце лета – начале осени 2014–2015 гг. (в период установления равновесного агрофизического состояния), было заложено 39 опорных разрезов в Гродненской, Минской, Могилевской и Гомельской областях (рис.).

В ходе исследований применен метод полевых и лабораторных экспериментов, сравнительно-географический, картографический. Влажность почвы определялась весовым методом, плотность почвы – при помощи колец Капецкого (метод «режущих колец»), общая пористость и пористость аэрации – расчетными методами [9–10].

В процессе исследований определены показатели, характеризующие структуру пахотного горизонта почв, а также устойчивость структуры к разрушению, исходя из данных сухого и водного просеивания, по методу Саввинова:

- содержание агрегатов агрономически ценного размера (10,0–0,25 мм);
- водоустойчивость по классификации Н.А. Качинского (содержание агрегатов более 0,25 мм при водном просеивании);
- коэффициент водоустойчивости (Кву), определяемый по соотношению агрегатов размером более 0,25 мм при водном и сухом просеивании;
- коэффициент структурности (Кстр) – отношение содержания агрономически 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 1,00–0,25 мм при водном и сухом просеивании;
- содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм, %;
- средневзвешенный диаметр агрегатов при водном просеивании;

- коэффициент нестабильности (Кнест.), отражающий изменение средневзвешенного диаметра агрегатов при сухом и водном просеивании почвы [11].

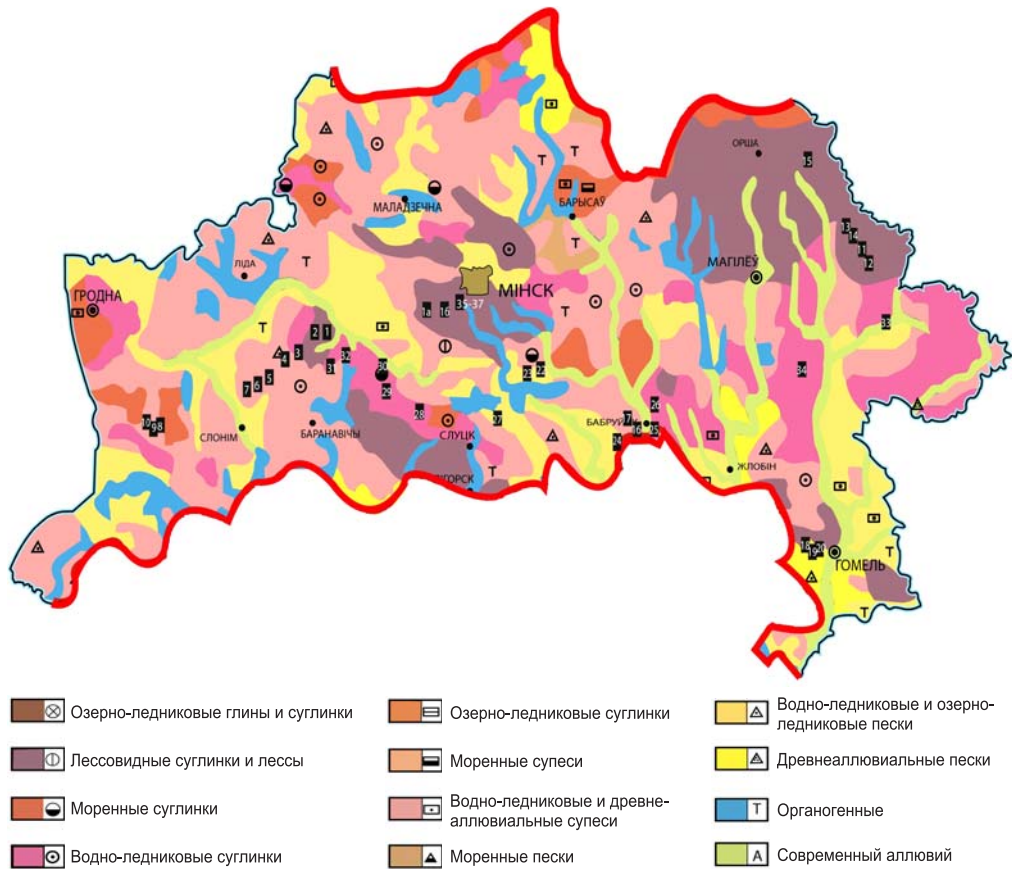


Рис. Размещение опорных разрезов для изучения агрофизических свойств почв Центральной почвенно-экологической провинции

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Центральная почвенно-экологическая провинция занимает территорию более 88 тыс. км², что составляет около 43% территории республики. Эта провинция располагается в пяти областях: Брестской (10,3%), Гомельской (15,6%), Гродненской (26,7%), Минской (27,3%) и Могилевской (20,1%) [12].

Холмистые ландшафты – одни из главных объектов исследований в центральной части республики. Они составляют цепь Центрально-Белорусских возвышенностей и гряд, образуя с приледниковыми равнинами и низинами Центральную почвенно-экологическую провинцию. Гряды и возвышенности характеризуются денудационным грядово-холмистым рельефом с выположенными вершинами и глубоким эрозионным расчленением, многочисленными ложбинами и сквозными

долинами, распространением лессовидных пород и лессов, с которыми связано развитие эрозионных процессов, оврагов, суффозионных западин, а также моренных пород. Особенности строения рельефа позволяет разделить Центрально-Белорусские возвышенности и гряды на западную часть, которую отличают большие абсолютные и относительные высоты и разнообразие ледниковых форм рельефа (выделяют Гродненскую, Волковысскую, Слонимскую, Минскую возвышенности, Ошмянские и Копыльские гряды) и восточную, где рельеф приобретает платообразный характер, снижаются абсолютные высоты и уменьшаются горизонтальная и вертикальная расчлененность (Горецко-Мстиславская и Оршанская возвышенности).

Пояс крупнейших на территории республики возвышенностей и гряд окаймляют с севера и с юга многочисленные водно-ледниковые, морено-водно-ледниковые, моренные равнины и низины. В южной части, например, выделяют равнины и низины (Высоковскую, Пружанскую, Коссовскую, Барановичскую, Пуховичскую, Центрально-Березинскую, Могилевскую, Бобруйскую и др.), которые чаще всего являются по происхождению зандровыми, сложенные песками, нередко с присутствием среди них денудированных краевых образований, особенно в западной части. На востоке обычны лессовидные породы, здесь встречаются суффозионные и карстовые формы.

В Центральную почвенно-экологическую провинцию отнесена на востоке часть Полесской низменности, где выделяют Речицкую аллювиальную низину и Василевичскую водно-ледниковую и озерно-аллювиальную низину. Поверхность низин характеризуется плоской, местами слабоволнистой поверхностью, со слабо врезанными долинами рек среди песчаных отложений [1].

О современном состоянии агрофизических свойств почв, наиболее распространенных в центральной части Беларуси, можно судить по данным, представленным в табл. 1.

Проведенные исследования показывают, что агрофизические свойства в значительной степени определяются генезисом почвообразующих пород, типовой принадлежностью исследуемых почв и степенью подверженности эрозионным процессам.

Как следует из приведенных данных, пахотный горизонт дерново-подзолистых почв на моренных породах как автоморфных, так и полугидроморфных в соответствии с классификацией Н.А. Качинского уплотнен – плотность составляет $1,24-1,59 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ [10]. Отметим довольно высокий показатель плотности супесчаных почв. Это объясняется большим содержанием в гранулометрическом составе физического песка. Также выявлено явное увеличение плотности подпахотного горизонта до $1,49-1,66 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, т.е. наблюдается так называемый эффект «плужной подошвы». Плотность сложения пахотных горизонтов автоморфных почв ниже, чем почв с избыточным увлажнением. Общая пористость пахотного горизонта почв составляет 47–54%, что соответствует удовлетворительной оценке по классификации Н.А. Качинского, Что касается влажности почв, а, соответственно и запасов влаги, и пористости аэрации, то основную роль в величине этих показателей играют метеорологические условия. В целом, недостатка влаги в почвах на суглинистых почвообразующих породах не наблюдается, т.к. оптимальной влагообеспеченностью приняты запасы влаги в пахотном слое, равные 51 мм и более [13].

Таблица 1

Состояние агрофизических свойств почв Центральной почвенно-экологической провинции
(по результатам маршрутных исследований 2014–2015 гг.)

Почва	Агрофизические свойства													
	плотность, кг · м ⁻³			влажность %			пористость, %			запасы влаги, мм		пористость аэрации, %		
	0–10	10–20	30–40	0–10	10–20	30–40	0–10	10–20	30–40	0–20	0–50	0–10	10–20	30–40
	см	см	см	см	см	см	см	см	см	см	см	см	см	см
Дерново-карбонатная на омерзевших породах	1,25	1,26	1,80	10,2	10,4	8,8	53	53	36	26	74	40	40	20
Дерново-подзолистая автоморфная: а) на водно-ледниковых песках	1,36	1,45	1,63	7,0	9,3	6,2	48	45	39	23	53	39	31	29
б) на водно-ледниковых супесях	1,43	1,45	1,60	12,3	13,6	11,0	45	44	40	38	92	27	24	22
в) на водно-ледниковых суглинках	1,36	1,30	1,43	18,1	17,9	17,8	47	50	47	48	123	22	26	21
г) на лесовых суглинках	1,25	1,38	1,46	11,1	11,5	9,0	52	47	45	30	70	38	31	32
д) на лесовидных суглинках	1,24	1,33	1,53	21,5	19,7	15,4	54	49	43	52	132	28	23	19
е) на моренных супесях	1,47	1,42	1,66	14,1	14,2	6,8	54	55	39	41	75	23	25	28
ж) на моренных суглинках	1,24	1,37	1,59	20,9	18,6	15,0	52	47	40	51	123	26	22	16
Дерново-подзолистая глееватая и глеевая осушенная: а) на водно-ледниковых песках	1,28	1,43	1,65	11,5	11,3	9,2	50	44	38	31	76	35	28	23

Окончание табл. 1

Почва	Агрофизические свойства														
	плотность, кг · м ⁻³			влажность %			пористость, %			запасы влаги, мм			пористость аэрации, %		
	0-10 см	10-20 см	30-40 см	0-10 см	10-20 см	30-40 см	0-10 см	10-20 см	30-40 см	0-10 см	10-20 см	30-40 см	0-10 см	10-20 см	30-40 см
б) на водно-ледниковых супесях	1,32	1,43	1,57	17,3	14,9	9,8	49	44	41	44	44	26	23	25	
в) на лессовых суглинках	1,39	1,36	1,54	10,5	10,1	12,1	46	47	42	68	86	32	34	23	
г) на лессовидных суглинках	1,34	1,32	1,47	11,1	12,2	9,7	48	49	45	29	73	34	33	30	
д) на моренных суглинках	1,44	1,47	1,49	21,5	23,5	19,1	45	43	45	66	150	14	8	16	
<i>Пойменная дерновая глееватая на песчаном аллювии</i>	1,21	1,42	1,43	7,5	7,3	11,6	53	45	46	19	70	44	35	29	
<i>Дерновая глеевая и глееватая осушенные:</i>	1,09	1,12	1,28	22,3	19,8	17,6	57	56	52	46	122	33	34	27	
а) на водно-ледниковой супеси	1,19	1,26	1,39	14,1	13,7	12,4	54	51	48	34	85	37	34	31	
б) на водно-ледниковых песках	1,34	1,41	1,48	12,4	13,2	11,9	48	46	43	35	89	32	27	26	
<i>Дерново-подзолистая на моренных суглинках:</i>	1,47	1,51	1,67	10,5	12,6	11,9	44	43	38	34	94	29	24	18	
а) слабоэродированная	1,54	1,63	1,68	9,4	10,8	9,1	41	38	36	32	77	27	20	21	
б) среднеэродированная															
в) сильноэродированная															

Показатель плотности пахотного горизонта почв, сформированных на водно-ледниковых почвообразующих породах, изменяется от 1,28 до 1,45 кг·м⁻³. Плотность в слое 30–40 см возрастает до 1,43–1,65 кг·м⁻³, что характерно для подпахотного горизонта. Нельзя не отметить, что плотные нижележащие горизонты в период выпадения осадков препятствуют фильтрации влаги, создавая ее застой и угнетение сельскохозяйственных культур. Плотность полугидроморфных почв на водно-ледниковых породах несколько выше, чем автоморфных, т.к. в них более высокое содержание гумуса. Воздушный режим пахотного горизонта почв, сформированных на водно-ледниковых почвообразующих породах, в целом хороший – общая пористость составляет 44–50%, т.е. близка к удовлетворительной оценке, а пористость аэрации – отличная (23–39%).

Наиболее благоприятными агрофизическими свойствами обладают почвы, сформированные на лессовидных и лессовых отложениях. Плотность таких почв составляет 1,24–1,38 кг·м⁻³, общая пористость – 46–54%, пористость аэрации – 11–34%, что близко к оптимальным значениям.

Водно-эрозионные процессы независимо от генезиса почвообразующих пород оказывают отрицательное влияние на агрофизические свойства почв. Плотность почв увеличивается на 0,15–0,30 г/см³, пористость снижается на 4–12%, причем, чем выше степень эродированности почв, тем хуже их свойства.

Изучение структурного состояния пахотного горизонта основных разновидностей почв Центральной провинции Беларуси показывает, что практически во всех почвах на супесчаных и песчаных породах доля глыбистой фракции (>10,0 мм) невысокая – 15–29% (табл. 2).

Таблица 2

Показатели, характеризующие структурное состояние пахотного горизонта почв Центральной почвенно-экологической провинции

Почва	Коэффициент структурности (Кстр)	Содержание агрегатов, %	
		>10,0 мм	10,0–0,25 мм
<i>Дерново-карбонатная на омерзеванных породах</i>	1,41	41,49	58,51
<i>Дерново-подзолистые автоморфные</i>			
а) на водно-ледниковых песках	4,03	11,05	76,43
б) на водно-ледниковых супесях	1,76	29,37	59,66
в) на водно-ледниковых суглинках	1,67	31,71	62,60
г) на лессовых суглинках	1,34	32,02	45,80
д) на лессовидных суглинках	1,39	31,88	56,28
е) на моренных супесях	2,20	26,10	63,01
ж) на моренных суглинках	2,12	17,29	67,92
<i>Дерново-подзолистые глееватые и глеевые осушенная</i>			
а) на водно-ледниковых песках	3,40	14,67	71,10
б) на водно-ледниковых супесях	2,97	15,57	72,64
в) на лессовых суглинках	1,49	34,10	59,88
г) на лессовидных суглинках	2,16	23,56	67,83
д) на моренных суглинках	0,96	44,75	48,91
<i>Дерновая глеевая глееватая осушенная</i>			
а) на водно-ледниковой супеси	1,17	40,43	54,00
б) на мощных водно-ледниковых песках	5,69	4,78	86,05

Количество агрегатов >10,0 мм в суглинистых почвах выше, чем в супесчаных независимо от их генезиса, и составляет 17–45%. Содержание агрегатов агрономически ценного размера (10,0–0,25 мм) при сухом просеивании достаточно высокое – 49–86%, т.е. в исследуемых почвах условия протекания почвенно-физических процессов удовлетворительные.

Степень увлажнения почв практически не отразилась на показателях, характеризующих структурное состояние пахотного горизонта почв Белорусской гряды.

Определение коэффициента структурности (Кстр.) также свидетельствует о том, основные типы почв в центральной части республики обладают удовлетворительной и хорошей структурой, т.к. Кстр. изменяется от 0,95 до 5,73.

Расчеты, выполненные для почв на песчаных почвообразующих породах, свидетельствуют, что на долю агрономически ценных агрегатов приходится более 70%, а Кстр более 4. В то же время такие почвы принято считать условно бесструктурными. Поэтому использование методики Н.А. Качинского, разработанной для суглинистых почв, при оценке структурного состояния почв, сформированных на песчаных породах, некорректно и необходимо применение других методов исследования.

Основными показателями, характеризующими устойчивость пахотного горизонта почв к разрушению, являются: средневзвешенный диаметр агрегатов при водном и сухом просеивании, водостойчивость, содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм, а также коэффициенты водостойчивости, водопрочности и нестабильности.

Как следует из данных, приведенных в табл. 3, водостойчивость почв, наиболее распространенных в Центральной провинции Беларуси, оцениваемая по классификации Н.А. Качинского, в основном хорошая и отличная – содержание агрегатов более 0,25 мм при водном просеивании более 43%.

Таблица 3

Показатели, характеризующие устойчивость структуры пахотного горизонта почв Центральной почвенно-экологической провинции к разрушению

Почва	Диаметр средневзвешенный		содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм, %	Коэффициенты				
	сухое просеивание	водном просеивание		структурности	водопрочности	водостойчивости	нестабильности	водостойчивости по Качинскому
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Дерново-карбонатная на омерзевших породах</i>	6,39	1,06	40,90	1,41	0,44	1,73	5,33	55,62
<i>Дерново-подзолистая автоморфная</i>								
а) на водно-ледниковых песках	2,57	0,56	16,78	4,03	1,33	0,49	2,01	43,05
б) на водно-ледниковых супесях	4,73	1,82	49,58	1,76	2,11	0,69	2,91	61,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9
в) на водно-ледниковых суглинках	6,10	1,80	59,23	1,67	6,60	0,74	4,30	69,60
г) на лессовых суглинках	5,74	2,04	50,42	1,34	2,03	0,52	3,70	39,51
д) на лессовидных суглинках	6,25	2,51	57,53	1,39	3,09	0,60	3,73	44,74
е) на моренных супесях	4,73	0,86	26,35	2,20	3,40	0,52	3,86	45,83
ж) на моренных суглинках	3,87	1,19	37,20	2,12	2,02	0,67	2,68	56,95
<i>Дерново-подзолистая глееватая и глеевая осушенная:</i>								
а) на водно-ледниковых песках	2,86	1,19	30,65	3,40	1,47	0,62	1,67	53,90
б) на водно-ледниковых супесях	3,61	0,94	30,05	2,97	1,89	0,56	2,67	49,29
в) на лессовых суглинках	5,94	1,00	44,72	1,49	3,81	0,63	4,94	58,75
г) на лессовидных суглинках	4,58	0,60	31,11	2,16	3,25	0,42	3,98	48,46
д) на моренных суглинках	6,63	1,25	55,55	0,96	5,86	0,74	5,39	69,01
<i>Дерновая глееватая и глеевая осушенная:</i>								
а) на водно-ледниковой супеси	6,38	4,52	85,06	1,17	0,61	0,91	1,87	86,11
б) на водно-ледниковых песках	1,65	0,40	27,98	5,69	0,39	1,52	1,25	60,00

ВЫВОДЫ

Результаты маршрутных исследований, проведенных в почвенно-экологических районах центральной провинции, позволили оценить современное состояние агрофизических свойств основных типов и разновидностей почв Белорусской гряды и прилегающих зандровых равнин. Установлено, что агрофизическое состояние почв центрально белорусских краевых ледниковых образований и прилегающих водно-ледниковых зандровых равнин в значительной степени определяются генезисом почвообразующих пород, типовой принадлежностью и степенью подверженности эрозионным процессам.

Почвы, наиболее распространенные в Центральной почвенно-экологической провинции, в основном избыточно уплотнены. Наиболее близкими к оптимальным значениям характеризуются агрофизические свойства почв, сформированные на лессовидных и лессовых отложениях.

Изучение структурного состояния пахотного горизонта показало, что практически во всех почвах на супесчаных и песчаных породах доля глыбистой фракции (>10,0 мм) невысокая – 5–23%. Доля агрегатов >10,0 мм в суглинистых почвах выше, чем в супесчаных независимо от их генезиса, и составляет 26–46%. Содержание агрегатов агрономически ценного размера (10,0–0,25 мм) при сухом просеивании достаточно высокое – 49–86%, т.е. в исследуемых почвах условия протекания почвенно-физических процессов удовлетворительные.

Коэффициент водоустойчивости в почвах Белорусской гряды и прилегающих зандровых равнин колеблется от 0,42 до 1,73, водопрочности – 0,61 до 5,86, нестабильности – от 1,25 до 5,33, что свидетельствует об хорошей и удовлетворительной устойчивости пахотного горизонта исследуемых почв к деградации. На долю водопрочных агрегатов более 0,5 мм приходится 17–85%, при этом более высокое значение отмечается на суглинистых почвообразующих породах.

Наиболее устойчивыми к проявлению деградационных процессов, в том числе водно-эрозионных, являются почвы, сформированные на супесчаных почвообразующих породах, по сравнению с почвами на суглинистых породах. Степень гидроморфизма практически не сказывается на устойчивости структуры почв к разрушению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Матвеев, А.В.* Рельеф Беларуси / А.В. Матвеев, Б.И. Гурский, Р.И. Левицкая. – Минск: Университетское, 1988. – 319 с.
2. Почвы Белорусской ССР / под ред. чл.-корр. АН БССР Т.Н. Кулаковской, акад. АН БССР П.П. Рогового и канд. с.-х. наук Н.И. Смяяна. – Минск: Ураджай, 1974. – 328 с.
3. *Моисеев, К.Г.* Исследование агрофизических свойств пахотных почв северо-запада Российской Федерации: метод. руководство / К.Г. Моисеев. – СПб.: Изд. АФИ, 2011. – 52 с.
4. *Моисеев, К.Г.* Определение удельной поверхности почв на основе величины гигроскопической влажности / К.Г. Моисеев // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 15–20.
5. *Медведев, В.В.* Агро- и экофизика почв / В.В. Медведев. – Харьков: ООО «Полосатая типография», 2015. – 312 с.
6. *Романов, И.А.* Перспективность применения модифицированных структурообразователей для оптимизации физических свойств сильнонабухающих почв / И.А. Романов, О.В. Романов, А.С. Старцев // Физические, химические и климатические факторы продуктивности полей: мат. конф. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2007. – 384 с.
7. Определение нормативов допустимых давлений на почву / А.Г. Бондарев [и др.] // Переуплотнение пахотных почв. Причины, следствия, пути уменьшения. – М.: Наука, 1987. – С. 166–173.
8. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях: метод. рекоменд.; ответ. ред Н.Б. Хитров. – М.: ГНУ Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010 – 176 с.
9. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука. – 1966. – С. 72–122.
10. *Качинский, Н.А.* Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – Ч. 1. – 323 с.
11. *Вадюнина, А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
12. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие; под ред. Н.И. Смяяна, Г.И. Кузнецова. – Минск, 2001. – 432 с.
13. *Юхновец, А.В.* Влияние основной обработки на физические свойства, биологическую активность и противоэрозионную стойкость дерново-подзолистых почв на моренных суглинках: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.01.03 / А.В. Юхновец. – Минск, 2004. – 20 с.

CURRENT STATE OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS OF BELORUSSIAN RIDGE

A.F. Chernysh, A.M. Ustinova, V.B. Tsyribko, I.I. Kas'yanenko

Summary

The results of routing studies on arable land in the central soil-ecological province, soil cover which is represented by the various groups of parent rocks are presented in the article. It was found that the agrophysical properties of the main soil types of the Belarusian ridge is largely determined by the genesis of soil-forming rocks, types of accessories and degree of exposure to erosion processes. Almost all the studied soil overcrowded and, therefore, necessary to develop measures and methods to regulate agrophysical conditions of soil. Soils of Belarusian Central marginal glacial formations and the surrounding water-glacial plains are characterized by good structural-aggregate composition and relatively high stability of the structure to collapse.

Поступила 11.05.2016

УДК 631.425:631.153.3:004.9

ДАННЫЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ БРАСЛАВСКОГО РАЙОНА ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Н. Червань, В.Б. Цырибко, А.М. Устинова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Успешное внедрение адаптивно-ландшафтных систем земледелия предусматривает пространственный учет природных условий, лимитирующих сельскохозяйственную деятельность. Состояние почвенного покрова агроландшафтов, выраженное в параметрах физических свойств почв, является важным обоснованием проектирования землепользования. Эти свойства почв указывают на их водно-воздушный и тепловой режимы, формирующие в значительной мере естественное плодородие, и оказывающие влияние на увеличение их продуктивной способности при агрохимических мероприятиях. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур возможно лишь при условии комплексной оценки агроэкологического состояния почвенного покрова, характеризующей в числе прочих агрофизические условия земледелия.

Современные планово-картографические материалы учета и оценки почвенного покрова в Республике Беларусь представлены как в традиционном испол-

нении, так и в формате электронных баз и банков данных [2, 5, 9, 13]. И если классификационное положение почв уже давно находит отражение в почвенных картах и пространственном слое земельно-информационной системы административно-территориальных единиц, то наиболее тесно связанные с материальной частью почвы параметры водных, воздушных и тепловых условий почвообразования лишь недавно стали учитываться в специализированных банках данных агрофизических свойств.

В настоящей статье рассмотрены вопросы по геоинформационному сочетанию накопленных к настоящему времени данных о структурно-агрегатном составе и агрофизических свойствах почв в агроландшафтах республики и информации о фактическом использовании земель сельскохозяйственного назначения с учетом их мелиоративного состояния и геосистемного положения. Основной акцент сделан на проблеме интерполяции данных для сплошной оценки агрофизических условий сельскохозяйственных земель в агроландшафтах при помощи средств геоинформационных технологий. Использование предлагаемого подхода открывает пути для предварительной оценки дифференцированного проявления деградации почвенно-земельных ресурсов в зависимости от уровня антропогенной нагрузки в агроландшафтах и соответственно для выбора площадок первоочередного мониторинга земель в структуре национальной системы мониторинга окружающей среды.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Территориальными объектами исследования являются земли сельскохозяйственного назначения Браславского района Витебской области республики, характеризующиеся с позиций почвенного покрова, почвенно-ресурсного потенциала, вида и характера землепользования, объекта цифрового картографирования автоматизированной системы государственного земельного кадастра. Обработка данных агрофизических свойств почв проведена на примере Браславского района в связи с его приуроченностью к зоне наибольшего проявления почвенно-эрозионных процессов и необходимости обязательного учета условий водного и воздушного режимов почв при формировании почвозащитных систем земледелия [3].

Браславский район является типичным районом Белорусского Поозерья. Его отличает исключительное разнообразие и сложность природных условий землепользования: около 50% территории района расположено в пределах высот 130–150 м, 45% – более 150 м. Земли сельскохозяйственного назначения составляют 42% площади района. На обрабатываемых землях преобладают склоны с уклоном более 5 градусов, что обуславливает широкое распространение водно-эрозионных процессов. Удельный вес эродированных почв на пахотных землях – 18,5%, в том числе слабозеродированные – 9,2%, среднеэродированные – 7,6% и сильноэродированные – 3,2% [10]. Молодой сложный сильно расчлененный рельеф, активное формирование эродированных и намывных почв обусловили выбор территории Браславского района для автоматизированной обработки данных агрофизических свойств почв для формирования почвозащитных систем земледелия.

Возможность и перспективы автоматизированной обработки данных об условиях почвообразования и фактическом использовании земель в агроландшафтах

в геоинформационной среде выступают в качестве предмета проводимых исследований. Почвенные комбинации играют роль операциональных единиц в задачах геосистемного учета почвенно-ресурсного потенциала и интерполяции данных об агрофизических свойствах, полученных на ключевых участках исследуемого района.

Системный подход и геоинформационное моделирование составляют методологию проводимых исследований. При формировании банка данных использованы методы полевых и лабораторных экспериментов, сравнительно-географический, картографический. Геостатистический, картометрический, оценочный, а также специализированные методы в структуре баз данных используются для увеличения достоверности многофакторного анализа данных агрофизических свойств почв и их пространственной интерполяции на всю территорию агроландшафтов Браславского района.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Систематизация и анализ данных о состоянии агрофизических свойств почв необходимы для целого ряда теоретических и практических задач, в особенности – при формировании почвозащитных адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Установлено, что нельзя повысить плодородие почвы, не обеспечив растения соответствующим количеством воды, воздуха и тепла. Поэтому рекомендации для использования сельскохозяйственных земель, разработанные на основе агрохимического мониторинга почв республики, должны быть дополнены данными об агрофизических свойствах почв с учетом геосистемного положения каждого типа земель.

В Институте почвоведения и агрохимии формируется банк данных агрофизических свойств почв республики – автоматизированная информационная система централизованного хранения и использования показателей водного и воздушного режимов почв. Автоматизация в числе прочего подразумевает процедуру расчета параметров агрофизических условий почвообразования на основе учитываемых в банке данных. Кроме значений агрофизических свойств обследуемых почв и их структурно-агрегатного состава, структура банка данных предусматривает в обязательном порядке учет следующей информации:

- генетическая принадлежность почвы;
- степень гидроморфизма;
- степень подверженности эрозии;
- гранулометрический состав;
- генезис почвообразующих пород;
- мелиоративное состояние;
- фактическое использование земель;
- сведения о месте заложения разреза.

Территориальными объектами полевых изысканий являются пункты мониторинговых наблюдений за проявлением процессов водной эрозии и дефляции, точки пробоотбора маршрутных исследований, лабораторные данные с известной пространственной привязкой к местности. Образцы для установления агрофизического состояния почв отбираются из пахотного горизонта из слоев 0–10 см и 10–20 см, а также из подпахотного горизонтов. Влажность почвы определяется

весовым методом, плотность почвы – при помощи колец Капецкого (метод «режущих колец»), общая пористость и пористость аэрации – расчетными методами. Одновременно отбирается монолит для определения структурно-агрегатного состава. Таким образом, банк данных содержит сведения о таких агрофизических свойствах почв, как плотность сложения (по горизонтам 0–10 см, 10–20 см, 30–40 см), влажность по тем же горизонтам, пористость и пористость аэрации пахотного горизонта. Результаты сухого и мокрого просеивания, проводимого по методу Саввинова, позволяют определить показатели, характеризующие структурное состояние почвы и ее противозерозионную устойчивость:

- 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 агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) к сумме агрегатов более 10 мм и менее 0,25 мм – при сухом просеивании;
- коэффициент водопрочности (Квпр) представляет собой соотношение количество в процентах водопрочных агрегатов более 0,5 мм при мокром и сухом просеивании;
- содержание водопрочных агрегатов 0,5 мм, в процентах;
- средневзвешенный диаметр агрегатов при мокром просеивании;
- коэффициент нестабильности (Кнест), отражающий изменение средневзвешенного диаметра агрегатов при сухом и мокром просеивании почвы.

В ходе маршрутных почвенных исследований, проведенных в 2011–2015 гг. на территории Северной, Центральной и Южной почвенно-экологических провинций, сотрудниками лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии был накоплен значительный объем фактического материала об актуальном состоянии агрофизических свойств почв, дифференцированных по генезису (моренные, водно-ледниковые и другие) и гранулометрическому составу почвообразующих пород. Кроме того, наполнение банка данных проводилось с учетом разной степени увлажнения почв, сельскохозяйственного использования и степени эродированности.

Однако накопление информации не является конечной целью использования банка данных агрофизических свойств почв республики. Поскольку актуальное состояние физических свойств почвы напрямую связано с рельефом местности, и с протекающими процессами эрозии и дефляции, физическое состояние почвы (структура, плотность, сложение) в значительной мере определяет устойчивость к водно-эрозионным процессам. Водно-физические свойства почв определяют соотношение между вертикальным, боковым и поверхностным стоком [1]. В связи с этим, наряду с другими показателями учитываются противозерозионная устойчивость почв, рассчитываемая по коэффициентам водоустойчивости, водопрочности и нестабильности агрегатов почвы, а также оптимальный диапазон варьирования значений агрофизических свойств. Точность планово-картографических материалов, полученных на основе банка данных, увеличивается прямо пропорционально его объему информации в конкретной административно-территориальной единице или в границах распространения исследуемой почвенной таксономической единицы.

Планово-картографическое обоснование почвозащитных систем земледелия подразумевает пространственное распределение необходимых мероприятий по повышению противозерозионной устойчивости почв, снижению стока воды, уменьшению подверженности почв выдуванию вследствие силы приземного ветра и прочие меры. К ним можно отнести агротехнические приемы воздействия на почву путем травосеяния; внесение органических удобрений; соответствующая механическая обработка почвы; внесение структурообразующих веществ, способствующих созданию пористых водопрочных агрегатов.

В соответствии с Кодексом Республики Беларусь о земле [4] все применяемые системы земледелия должны предусматривать в той или иной степени почвозащитные мероприятия. Масштаб применения таких приемов зависит от климатических, геоморфологических и почвенных условий местности, агрохимических и организационных условий ведения сельскохозяйственной деятельности, обуславливающих вид и характер проявления водно-эрозионных и прочих деградационных процессов.

Поэтому не стоит недооценивать информативное значение данных агрофизических свойств почвы для организации почвозащитного земледелия. Структурно-агрегатный состав является одним из главнейших показателей, определяющих степень воздействия эрозии на почву, что подтверждается расчетными моделями потенциального смыва с применением геоинформационных технологий [12]. Повышенное содержание мелких частиц способствует более сильному смыву почвы. При незначительных скоростях поверхностного стока мелкие частицы легче переходят во взвешенное состояние в потоке и уносятся последним, так как смыв почвы прямо пропорционален способности ее частиц переходить во взвешенное состояние. Верхний пахотный горизонт незеродированных почв имеет более легкий гранулометрический состав по сравнению как с нижележащими горизонтами, так и с верхними горизонтами смытых и намывных почв. Водопрочность структуры прямо пропорциональна мощности гумусового горизонта. Поэтому с увеличением степени эродированности противозерозионная устойчивость почв уменьшается. По мнению Ц.Е. Мирцхулавы [6, 7], почвы разного гранулометрического состава могут значительно различаться устойчивостью к эрозии. Гранулометрическим составом определяется также соотношение между количеством осадков, стекающих по склонам и инфильтрующихся в почву. В лесной зоне за весенний период в песчаную почву проникает 80% осадков, в супесчаную – 67%, а в суглинистую – только 47% [8]. Водопроницаемость определяется агрофизическим состоянием пахотного слоя. В почвах легкого гранулометрического состава, а также бесструктурных, водопроницаемость зависит от пористости и сложения гранулометрических элементов. В тяжелых почвах она обусловлена, прежде всего, структурным состоянием: размерами структурных агрегатов, их положением относительно друг друга, а также водопрочностью. Существенное влияние на скорость фильтрации оказывает также наличие в почве крупных промежутков, трещин, ходов червей, кротовин, корневых ходов. Плотность твердой фазы и плотность почвы непосредственно связаны со структурно-агрегатным составом, поэтому эти показатели оказывают влияние на противозерозионную устойчивость почв. Увеличение плотности сложения почвы прямо пропорционально сопротивлению ее смыва под воздействием водно-эрозионных процессов. Величина его меняется со временем

и зависит от состояния почвы. Разрыхленная почва обладает меньшей плотностью сложения. По результатам исследований лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии наименьшей плотностью характеризуются верхние пахотные горизонты неэродированных почв, с увеличением степени эродированности плотность сложения увеличивается на всех почвах и особенно на моренных суглинках, где его показатели достигают величины 1,80–1,89 г/см³. Увеличение плотности сложения эродированных почв объясняется меньшим содержанием органического вещества и неблагоприятной структурой. Эродированные почвы очень склонны к заплыванию и коркообразованию, что ведет к постепенной утрате плодородия. В связи со смывом верхних горизонтов почв и выходом на поверхность нижележащих горизонтов водно-физические свойства почв в целом изменяются в худшую сторону, так как плотность твердой фазы и плотность сложения увеличивается, а почвенно-гидрологические константы уменьшаются [14].

Таким образом, тесная взаимозависимость агрофизических свойств почв и эрозионных (дефляционных) процессов указывает на важность информации об актуальном физическом состоянии почвенного покрова при формировании почвозащитных систем земледелия в агроландшафтах. Значительная роль отводится корректной интерполяции (распространению) агрофизических почвенных данных, полученных на ключевых участках мониторинга, на всю территорию сельскохозяйственных земель.

На примере Браславского района Витебской области проведены работы по разработке пространственных слоев в базе данных геоинформационной программной среды, отражающих распространение показателей основных агрофизических свойств почв на всех землях сельскохозяйственного назначения. Апробирована технология геостатистической обработки информации локальной земельно-информационной системы, классов данных геосистемной оценки структуры почвенного покрова, банка данных агрофизических свойств почв и вспомогательных цифровых планово-картографических материалов. При помощи программного комплекса компании ESRI сформирована база данных с единой системой координат и пространственной привязкой всех анализируемых классов данных и соблюдением топологических правил взаимного положения объектов. Выполненные операции геообработки агрофизических данных сформированы в виде расчетного алгоритма в программном комплексе ModelBuilder (рис. 1).

Наличие пространственно-распределенных данных о почвенно-земельных ресурсах в виде векторных или растровых цифровых слоев является необходимым условием для расчета фактических агрофизических условий землепользования. Как отражено на рисунке 1, помимо мониторинговых данных об агрофизических свойствах почв исходной информацией послужили классы пространственных данных подтипов и видов земель, границ землепользователей и землевладельцев, контуров почвенных разновидностей и мелиоративного состояния почв по материалам земельно-кадастрового и агрохимического обследований. Объединенный слой пересеченных пространственных и атрибутивных данных указанных классов был отредактирован для ликвидации пробелов и топологических ошибок. Затем по материалам мониторинговых исследований лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии внесены значения плотности почвы, сгруппированные

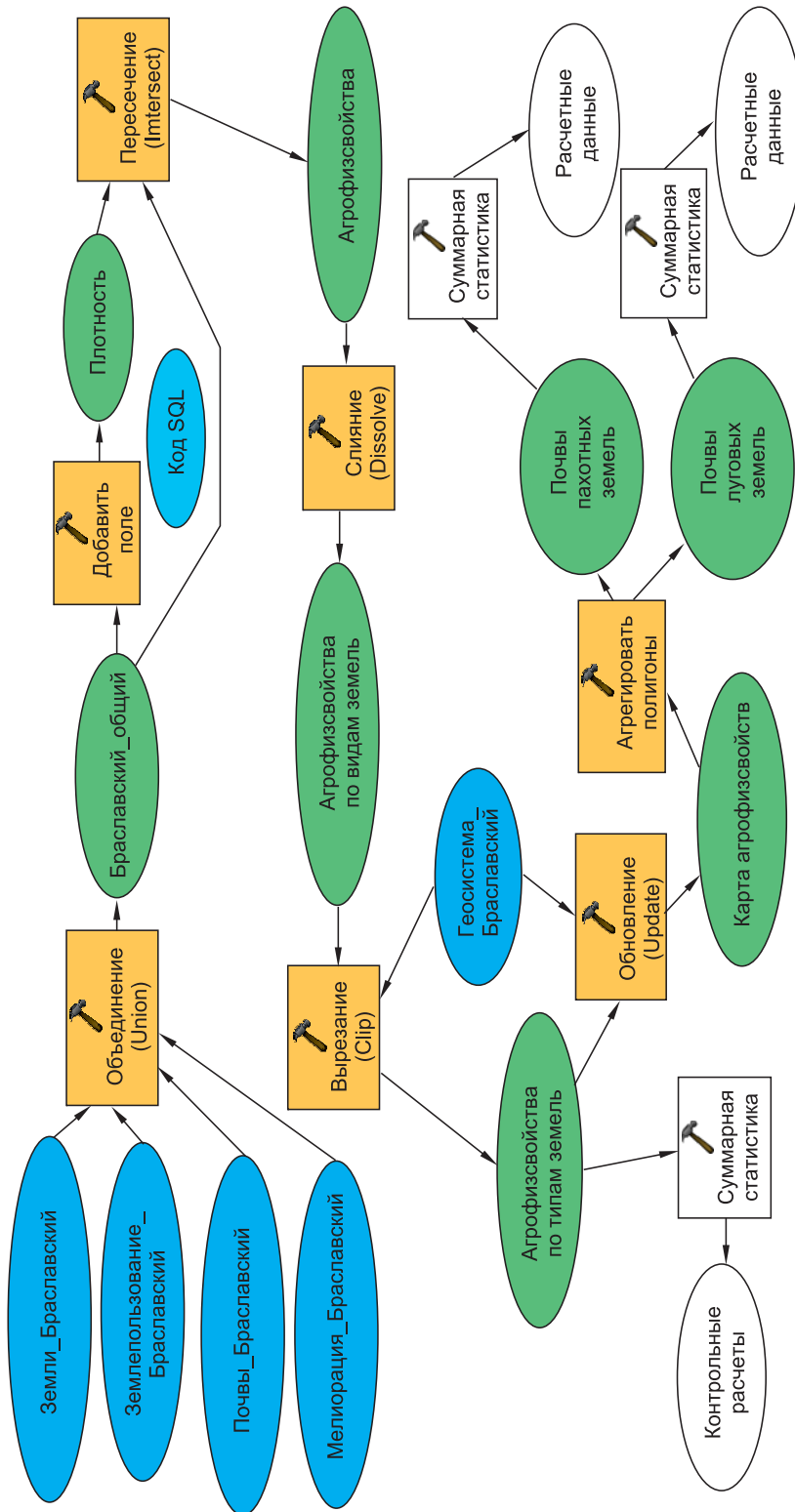


Рис. 1. Модель геобработки пространственных данных агрофизических свойств почв Браславского района

в соответствии с генезисом и гранулометрическим составом почвообразующих пород. В атрибутах общего слоя внесены соответствующие изменения с учетом географической привязки почвенного опробования («Код SQL» на блок-схеме). Оверлейные операции пересечения и слияния агрофизических данных позволили сформировать класс данных агрофизических свойств почв дифференцированно по видам фактического использования земель с учетом границ всех землепользователей административно-территориальной единицы. Уже на этом этапе геоинформационная среда обработки данных позволяет сформировать отчеты по условиям каждого землепользования, обеспечив автоматизированную систему государственного земельного кадастра пространственными данными на случай перераспределения земель или изменения их целевого назначения. Однако для разработки почвозащитных систем земледелия требуется дифференциация фактических значений агрофизических свойств почв в зависимости, с одной стороны, от их оптимальных значений, а с другой – от геосистемного положения того или иного типа земель, указывающего на целесообразность (как экономическую, так и экологическую) их улучшения для сельскохозяйственного использования земель.

Показатели плотности сложения пахотных горизонтов почв обладают приоритетом в оценке агрофизических условий землепользования, поэтому по показателям суммарной статистики контрольные расчеты в пространственных слоях заключались в сравнении с оптимальными, допустимыми и критическими значениями плотности в соответствии с данными табл. 1. Указанные параметры определены по результатам многолетних исследований, выполненных сотрудниками лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии. Ноу-хау описываемого подхода является использование верхнего или нижнего значения сравниваемых диапазонов плотности пахотного горизонта почв. Следующий этап геообработки заключается в обновлении и переклассификации агрофизических данных относительно оптимальных параметров и агрегации полученных полигональных объектов на территорию земель сельскохозяйственного назначения. Заключительным этапом служат геостатистический расчет в базе данных отдельно для пространственных классов пахотных и луговых земель. С целью графической визуализации оформляется представленная на рис. 2 карта плотности почв сельскохозяйственных земель Браславского района. Оценка агрофизических условий выполнена для почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения – земли государственного лесного и водного фондов на карте указаны отдельно.

Таблица 1

**Оптимальные значения плотности пахотного горизонта почв,
развивающихся на разных по генезису и гранулометрическому составу
почвообразующих породах**

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	Суглинистый	Супесчаный	Песчаный
<i>Оптимальные значения, г/см³</i>			
Лессовые и лессовидные	1,1–1,2	—	—
Моренные	1,2–1,3	1,25–1,35	1,35–1,45
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	1,15–1,25	1,25–1,35	1,35–1,45

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	Суглинистый	Супесчаный	Песчаный
<i>Оптимальные значения, г/см³</i>			
Озерно-ледниковые	1,15–1,25	1,30–1,40	—
<i>Допустимые значения, г/см³</i>			
Лессовые и лессовидные	1,20–1,45	—	—
Моренные	1,30–1,55	1,35–1,60	1,45–1,75
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	1,25–1,50	1,35–1,60	1,45–1,75
Озерно-ледниковые	1,25–1,50	1,40–1,70	—
<i>Критические значения, г/см³</i>			
Лессовые и лессовидные	более 1,45	—	—
Моренные	более 1,55	более 1,60	более 1,75
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	более 1,50	более 1,60	более 1,75
Озерно-ледниковые	более 1,50	более 1,70	—

Поскольку предметом настоящей статьи является апробация автоматизированной обработки агрофизических данных с учетом условий почвообразования и фактического землепользования, результаты территориальной оценки агрофизического состояния почвенно-земельных ресурсов не приводятся. Однако уже даже в среднем масштабе карты прослеживается повсеместное ухудшение водно-воздушного режима в пахотном горизонте обрабатываемых почв (на площади не менее 20% земель имеют место критические значения плотности). На землях, подверженных водной эрозии, проведение почвозащитных мероприятий начинается с противозерозионной организации территории. Такая организация предусматривает, прежде всего оценку всех почв сельскохозяйственных предприятий по степени эрозионной опасности. Принимая во внимание отсутствие, как правило, цифровых моделей рельефа и невозможность автоматизированного расчета потенциального смыва почв по существующим технологиям и методикам [11, 12], предлагаемый подход «агрофизического» обоснования почвозащитной организации земледелия может быть полезен при агроэкологической группировке земель. Одни группы вовсе непригодны для сельскохозяйственного использования, другие могут быть отведены только под луговые естественные (пастбища) или улучшенные земли, в границах третьих возможно возделывание культур с применением определенных почвозащитных мероприятий, на территории четвертых – специальные меры защиты почв не требуются.

Полученные результаты не только свидетельствуют об общей неблагоприятности агрофизических условий землепользования в Браславском районе – значения основных показателей являются предельно допустимыми и критическими, но и позволяют пространственно дифференцировать их на местности с предельно высокой точностью и обоснованием с позиций генезиса почв и фактического использования сельскохозяйственных земель. Неоспоримым преимуществом описанного подхода является автоматизированная подготовка планово-картографических материалов агрофизического обоснования разработки и внедрения почвозащитных систем земледелия для предотвращения проявления эрозионных процессов, сохранения плодородия почв в агроландшафтах.

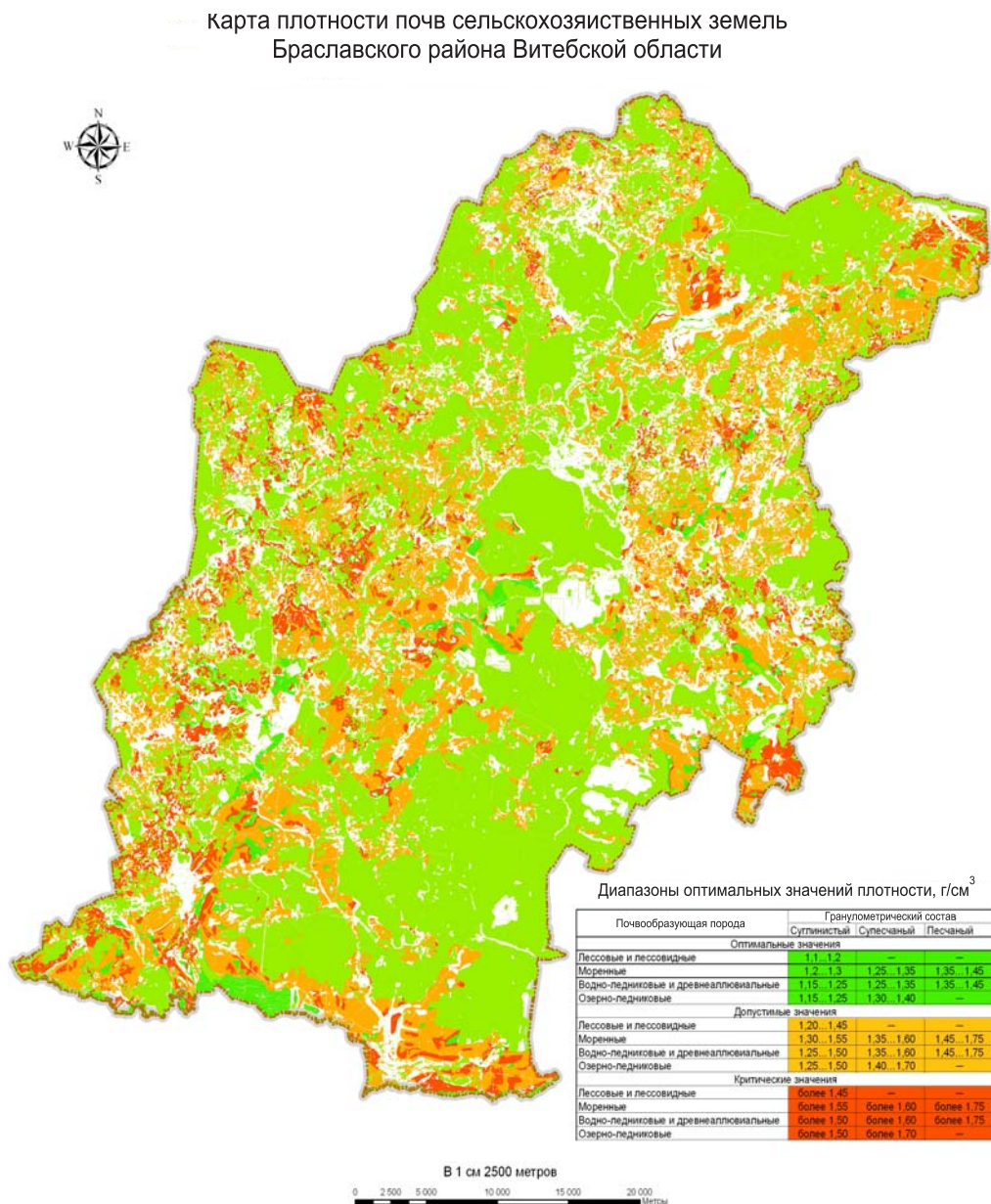


Рис. 2. Агрофизические условия землепользования, оцениваемые по показателям плотности почв сельскохозяйственных земель Браславского района Витебской области

ВЫВОДЫ

Автоматизированная обработка данных об агрофизических условиях, выполненная на примере агроландшафтов Браславского района, обеспечивает создание плано-картографических материалов, отражающих состояние почвенного

покрова с учетом фактической антропогенной нагрузки на землях сельскохозяйственного назначения, для обоснования дифференциации почвозащитных систем земледелия.

Использованный при интерполяции значений агрофизических показателей геосистемный подход на основе типизированных почвенных комбинаций позволяет достичь концептуальной согласованности методов оценки агроэкологического состояния почвенно-земельных ресурсов и экологического нормирования нагрузок на почвенный покров через пространственное распределение оптимальных, допустимых и критических значений агрофизических показателей пахотного горизонта почвы.

Качественное геоинформационное сочетание пространственно распределенной информации об условиях почвообразования, фактическом использовании почвенно-земельных ресурсов и данных агрофизического и агрохимического мониторинга земель – триада успешной разработки и внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия в республике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жилко, В.В. Водная и ветровая эрозия / В.В. Жилко. – Минск: Ураджай, 1986. – 52 с.
2. Земельно-информационная система Республики Беларусь. Порядок эксплуатации: ТКП. – Введ. 10.08.05. – Минск: Комитет земельных ресурсов, геодезии и картографии, 2005. – 36 с.
3. Почвенно-экологическое микрорайонирование и типизация земель как средства и методы обоснования рационального использования и охраны земельных ресурсов / Ю.П. Качков [и др.] // Земля Беларуси. – 2008. – № 4. – С. 51–56.
4. Кодекс Республики Беларусь о земле (от 23 июля 2008 г. № 425–3).
5. Методические рекомендации на выполнение работ по созданию тематического слоя «Почвы» земельно-информационной системы. – Минск, 2006.
6. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1975. – 88 с.
7. Мирцхулава, Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц.Е. Мирцхулава. – М.: Колос, 1967. – 179 с.
8. Модель адаптивно-ландшафтного земледелия Владимирского Ополя: под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М.: Агроконсалт, 2004. – 455 с.
9. Номенклатурный список почв Беларуси (для целей крупномасштабного картографирования). – Минск, 2002. – 19 с.
10. Создание банка данных агрофизических свойств наиболее распространенных почв Беларуси, установление их оптимальных параметров, обеспечивающих максимальную производительную способность почв. Оценка современного состояния агрофизических свойств почв при различном использовании сельскохозяйственных земель Белорусского Поозерья. Разработка приемов и способов управления агрофизическим состоянием почв, адаптированных к условиям Белорусского Поозерья. – Отчет о НИР по программе ГПНИ «Инновационные технологии в АПК»; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2013. – 58 с.

11. Технологическая документация на формирование почвозащитных систем земледелия в разных почвенно-экологических провинциях Беларуси с применением ГИС-технологий. – Минск, 2010. – 44 с.

12. *Червань, А.Н.* Геопространственная оценка потенциальной степени проявления водной эрозии почв / А.Н. Червань // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию основания Института, Минск, 5–8 июля 2011 г. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2011. – 336 с. – С.151–154.

13. *Червань, А.Н.* Структура почвенного покрова в геоинформационной оценке почвенно-ресурсного потенциала сельскохозяйственной организации // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 75. – Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2011. – 144 с. – С. 78–84.

14. *Farhan, Y.* Assessing the influence of physical factors on spatial soil erosion risk in northern Jordan / Y. Farhan, D. Zregat, S. Nawaiseh // The Journal of American Science. – New York: Marsland Press, 2014. – № 10(7). – P. 29–39.

AGROPHYSICAL PROPERTIES SOIL DATA IN FORMATION OF SOIL-PROTECTION LAND MANAGEMENT SYSTEMS USING GIS-TECHNOLOGIES AT THE EXAMPLE OF BRASLAV DISTRICT VITEBSK REGION

A.M. Chervan, V.B. Tsyribko, A.M. Ustinova

Summary

Methods of geoinformation processing of agrophysical soil properties data to justify the differentiation of soil conservation farming systems on the example of agricultural lands in the Braslav district Vitebsk region are presented in the article.

Поступила 11.04.16

УДК 631.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ

В.Б. Цырибко

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное использование почв сельскохозяйственных земель приводит к изменению их физического состояния. Появляется необходимость в прогнозе влияния уплотняющего воздействия тяжелой сельскохозяйственной техники

и других факторов на физические свойства пахотных почв и оценки тенденций изменения урожайности сельскохозяйственных культур. Для этого необходимо формировать нормативы изменения физических свойств почв в зависимости от характера и интенсивности антропогенного воздействия, что позволяет оценить физическое состояние почв и наметить агротехнологические, организационные и мелиоративные мероприятия для оптимизации этих свойств. Эти данные могут быть использованы для определения эволюции физического состояния почв в результате длительного сельскохозяйственного использования, для разработки экологически безопасных технологий и их внедрения в точные системы земледелия, а также для проектно-конструкторских работ в сельскохозяйственном машиностроении и т.д. [1].

Оптимальные значения показателей физических свойств – величины показателей физических свойств, которые удовлетворяют требованиям сельскохозяйственных растений, обеспечивая их максимальную продуктивность при определенном фиксированном уровне других факторов. При разработке нормативов физических свойств и их изменений учитываются основные свойства почвы – гранулометрический и минералогический составы, содержание и качественный состав органического вещества, которые определяют физические и механические свойства почв. Кроме этого учитывались мощность гумусированного слоя, почвообразующие породы, климатические условия зоны исследования и другие факторы [2, 3].

Наиболее важным параметром является оптимальная плотность, от которой зависят показатели порового пространства почвы, которые обуславливают благоприятные водный, воздушный, температурный и даже питательный режимы почв.

Цель исследований заключалась в разработке оптимальных интервалов значений параметров агрофизических свойств, обеспечивающих максимальную производительную способность почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе маршрутных исследований был накоплен материал об агрофизических свойствах почв сформированных на различных почвообразующих породах. Для определения оптимальных значений была использована модель, предложенная российскими исследователями [2, 3].

За критерий оценки оптимальной плотности принимается оптимальное содержание в почве воздуха при насыщении ее водой до наименьшей влагоемкости. Для определения интервалов оптимальной плотности в конкретных почвах и для конкретных культур предложена формула расчета:

$$D_{оп} = (100 - A) \cdot d_{т.ф} / (100 + W \cdot d_c), \quad (1)$$

где $D_{оп}$ – оптимальная плотность почвы, г/см³; $d_{т.ф}$ – плотность твердой фазы почвы, г/см³; W – наименьшая влагоемкость почвы, % от массы; A – оптимальное для конкретной культуры содержание воздуха в почве, % от объема почвы; d_c – плотность сложения почвы, г/см³ [3].

При расчете оптимальных диапазонов пористости почв использовалась формула (2):

$$\varepsilon_{\text{оп}} = (d_{\text{т.ф}} - D_{\text{оп}}) / d_{\text{т.ф}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $\varepsilon_{\text{оп}}$ – оптимальное значение пористости, %; $D_{\text{оп}}$ – полученные значения оптимальной плотности, г/см³; $d_{\text{т.ф}}$ – плотность твердой фазы почвы, г/см³.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для расчетов использовались данные полученные в ходе почвенных экспедиций и исследований на опытных стационарах лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии. Значение параметра оптимального содержания воздуха (A) принято равным 30%, что по материалам литературных источников является верхним пределом оптимальных показателей для большинства сельскохозяйственных культур [3]. Значения плотности твердой фазы почв взято из материалов почвенных исследований, представленных в работе «Почвы БССР» [4]. Данные о наименьшей влагоемкости (предельной полевой влагоемкости) почв позаимствованы из монографии Т.А. Романовой «Водный режим почв Беларуси» [5].

Проанализировав полученные данные, были выработаны диапазоны оптимальных значений для почв республики, сформированных на различных почвообразующих породах (табл.1).

Таблица 1

Данные для расчета оптимальных параметров плотности сложения почвы (фрагмент)

Почва	Плотность сложения пахотного горизонта, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Наименьшая влагоемкость почвы, %	Оптимальное содержание воздуха в почве, %	Полученное значение оптимальной плотности сложения, г/см ³
Дерново-подзолистая автоморфная легкосуглинистая, развивающаяся на лессах	1,27	2,59	44	30	1,16
Дерново-подзолистая автоморфная легкосуглинистая, развивающаяся на моренных суглинках	1,54	2,53	24	30	1,29
Дерново-подзолистая автоморфная легкосуглинистая, развивающаяся на водноледниковых супесях	1,51	2,59	25	30	1,32

Полученные данные (табл. 2) показывают зависимость оптимального значения плотности почвы от генезиса почвообразующей породы. Наименьшие значения характерны для лессовых и лессовидных суглинков, которые являются пористой породой и легко окультурируются. Наибольшие значения соответствуют породам песчаного гранулометрического состава. Необходимо подчеркнуть, что данные диапазоны определялись для сельскохозяйственных культур с высокой потребо-

стью в аэрации почвы (зерновые и пропашные культуры). Однако если рассчитывать значения для культур с другими биологическими особенностями, то диапазон значений будет несколько отличаться.

Таблица 2

Диапазоны оптимальных значений плотности для почв, сформированных на различных почвообразующих породах, г/см³

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	суглинки	супеси	пески
Лессовые и лессовидные	1,10–1,20	–	–
Моренные	1,20–1,30	1,25–1,35	1,35–1,45
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	1,15–1,25	1,25–1,35	1,35–1,45
Озерно-ледниковые	1,15–1,25	1,30–1,40	–

Поскольку не всегда можно достигать оптимального значения плотности почвы, существуют допустимые диапазоны значений этого показателя. Допустимые значения плотности сложения почв – это значения, образовавшиеся в результате негативного влияния антропогенных и природных факторов, которые носят обратимый характер. Возможность использования почв для продуктивного сельскохозяйственного производства при этом сохраняется [3].

Существуют и критические значения показателей физических свойств – это значения, при которых в результате деградационных процессов весь комплекс физических свойств достигает условно необратимых изменений, снижающих общий уровень плодородия почв. Дальнейшее продуктивное использование почв требует дополнительных материальных затрат, либо вообще нерационально [3].

В использованной модели определения оптимальных значений плотности одним из учитываемых показателей является пористость аэрации. Известно, что нижняя граница оптимального

содержания воздуха в почвах при наименьшей влагоемкости составляет 15%. При пористости аэрации от 15 до 10% растения уже испытывают затруднение в росте, а при уменьшении ее ниже 10% происходит снижение биологической активности почвы и затрудняется нормальный газообмен почвы с атмосферой, что, в свою очередь, приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [3]. В связи с этим для расчета допустимых и критических значений в использованную формулу в качестве параметра содержания необходимого воздуха (А) мы использовали значения в 15 и 10% соответственно. Рассчитанные диапазоны представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 3

Диапазоны допустимых значений плотности для почв, сформированных на различных почвообразующих породах, г/см³

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	суглинки	супеси	пески
Лессовые и лессовидные	1,20–1,45	–	–
Моренные	1,30–1,55	1,35–1,60	1,45–1,75
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	1,25–1,50	1,35–1,60	1,45–1,75
Озерно-ледниковые	1,25–1,50	1,40–1,70	–

Диапазоны критических значений плотности для почв, сформированных на различных почвообразующих породах, г/см³

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	суглинки	супеси	пески
Лессовые и лессовидные	>1,45	–	–
Моренные	>1,55	>1,60	>1,75
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	>1,50	>1,60	>1,75
Озерно-ледниковые	>1,50	>1,70	–

Оптимальные параметры полученные расчетным методом сравнивались с литературными источниками, а также данными полученными на опытных стационарах лаборатории агрофизических свойств почв и защиты почв от эрозии.

На рисунке представлено распределение исследованных почв по степени уплотнения. Большинство показателей плотности пахотного горизонта почв находится в пределах допустимых значений. Если характеризовать по почвообразующим породам, то наилучшее состояние у водно-ледниковых, древнеаллювиальных и моренных песков, что объясняется отсутствием эрозионных процессов, т.к. почвы легкого гранулометрического состава обладают высокими инфильтрационными способностями. Также эти почвы устойчивы к уплотнению, поскольку слабо агрегируют, и поровое пространство образовано, в основном особенностями гранулометрического состава, а не почвенными агрегатами. Плотность сложения супесчаных почв различного генезиса находится в пределах допустимых и оптимальных значений. Особенно ярко выражено у почв, сформированных на озерно-ледниковых отложениях. Это объясняется тем, что значительная часть разрезов была заложена на ключевых участках с высокой культурой земледелия (в почвы внесено большое количество органических удобрений, и обработка почвы производится в оптимальные сроки. Например, Верхнедвинский сортоиспытательный участок. Критически уплотненные супесчаные почвы представлены в незначительном количестве только на водно-ледниковых почвообразующих породах (4,17%), что еще раз подтверждает меньшую склонность данных почв к уплотнению. На почвах, сформированных на лессовых и лессовидных почвообразующих породах, большинство значений находится в пределах допустимых – 71,43%, существенная доля в оптимальных – 21,43%, количество критически уплотненных почв – 7,14%. Особенностью данных почв является их благоприятное физическое состояние. Вместе с тем, почвы на лессовых и лессовидных суглинках характеризуются самой низкой устойчивостью к эрозионным процессам. Водная эрозия на этих почвах является основным фактором, обуславливающим ухудшение их физических свойств. Это было неоднократно подтверждено исследованиями сотрудников лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии [6, 7, 8]. Почвы, сформированные на водно-ледниковых суглинистых почвообразующих породах, менее уплотнены, что обусловлено их большей противозерозионной устойчивостью и расположением в условиях относительно плоского рельефа.

Наличие существенной доли критически уплотненных почв на озерно-ледниковых суглинистых породах вызвано, в первую очередь, нерациональной хозяйственной деятельностью: из-за крайне непродолжительного периода «физической

спелости» данных почв обработка проводится в сроки отличные от оптимальных. Это и приводит к физической деградации. Наихудшее состояние среди исследованных у почв, сформированных на мореных суглинках. На данных породах наряду с деградацией вследствие антропогенного воздействия, происходит также ухудшение физического состояния из-за активно развивающихся процессов эрозии.

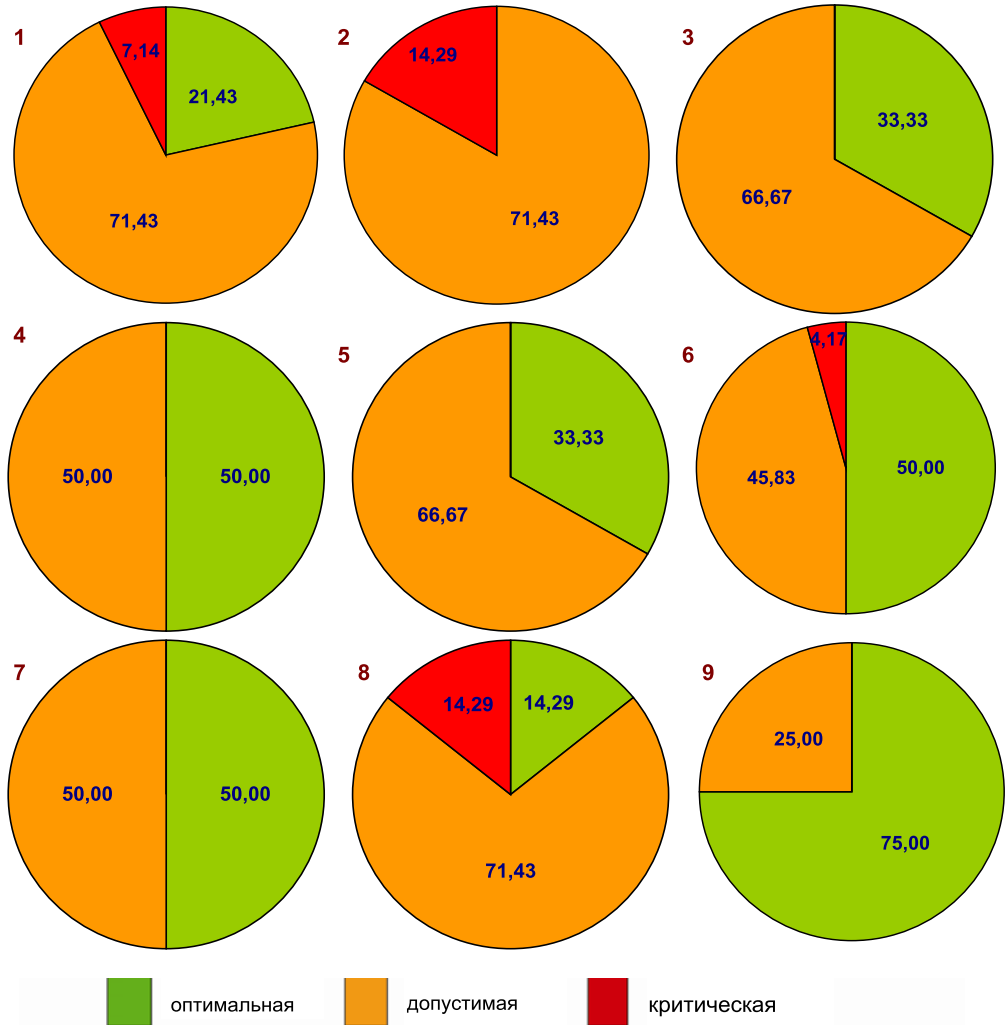


Рис. Распределение исследованных почв по плотности пахотного горизонта, %:
 1 – лессовые и лессовидные суглинки; 2 – моренные суглинки; 3 – моренные супеси;
 4 – моренные пески; 5 – водно-ледниковые и древнеаллювиальные суглинки;
 6 – водно-ледниковые и древнеаллювиальные супеси; 7 – водно-ледниковые и древнеаллювиальные пески; 8 – озерно-ледниковые суглинки; 9 – озерно-ледниковые супеси

Важным показателем агрофизического состояния почв также является их общая пористость. Значения оптимальных диапазонов пористости почв получены по формуле 2. На основании полученных результатов сформированы диапа-

зоны оптимальных параметров общей пористости для почв, развивающихся на различных почвообразующих породах (табл. 5).

Таблица 5

Диапазоны оптимальных значений общей пористости для почв, сформированных на различных почвообразующих породах, %

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	суглинки	супеси	пески
Лессовые и лессовидные	54–58	–	–
Моренные	49–54	47–51	46–48
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	47–53	47–50	46–48
Озерно-ледниковые	48–53	46–48	–

Проанализировав таблицу, можно отметить, что значения общей пористости слабо зависят от гранулометрического состава и генезиса почвообразующих пород. Исключения составляют почв на лессовых и лессовидных породах, которым свойственны более высокие значения, что подтверждает наиболее благоприятное физическое состояние почв, сформированных на данных почвообразующих породах.

Также необходимо отметить, что рассчитанный диапазон значений соответствует их нижнему пределу значений в период установления равновесной плотности. При рациональном использовании окультуренной почвы показатели пористости могут иметь более высокие значения. Если соотнести полученные результаты с классификацией Н.А. Качинского, то значения оптимальных параметров соответствуют отличной и удовлетворительной величинам.

Как следует из данных, представленных в табл. 6 и 7, диапазоны допустимых и критических значений изменяются пропорционально изменениям показателей плотности почвы, что еще раз подтверждает роль показателя плотности, как интегрального параметра физического состояния почвы.

Таблица 6

Диапазоны допустимых значений пористости для почв, сформированных на различных почвообразующих породах, %

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	суглинки	супеси	пески
Лессовые и лессовидные	54–44	–	–
Моренные	49–39	47–37	46–30
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	47–39	47–38	46–32
Озерно-ледниковые	48–39	46–34	–

Таблица 7

Диапазоны критических значений пористости для почв сформированных на различных почвообразующих породах, %

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав		
	суглинки	супеси	пески
Лессовые и лессовидные	<44	–	–
Моренные	<39	<37	<30
Водно-ледниковые и древнеаллювиальные	<39	<38	<32
Озерно-ледниковые	<39	<34	–

Отметим, что полученные допустимые значения пористости соответствуют различным группам по классификации Н.А. Качинского: верхний предел – неудовлетворительным, а нижний – крайне неудовлетворительным. В то же время показатели на лессовых и лессовидных суглинках относятся к неудовлетворительным и удовлетворительным. Критические значения соответствуют группе с крайне низким значением. Учитывая данные различия, предположим, что вероятнее всего в классификации, предложенной Н.А. Качинским, не учитывались особенности генезиса почвообразующих пород.

ВЫВОДЫ

1. Использованная на модель расчета оптимальных параметров плотности – основного показателя физического состояния почвы показала свою состоятельность. Роль плотности как интегрального показателя, подтверждена пропорциональным изменением пористости. Разработанные диапазоны оптимальных, допустимых и критических значений позволяют оценить современное состояние физических свойств почв.

2. Значения оптимальных параметров агрофизических свойств почв во многом определяются генезисом почвообразующих пород, гранулометрическим составом и степенью эродированности.

3. Плотность большинства исследованных почв независимо от почвообразующих пород, соответствует допустимым значениям. Наиболее активные процессы физической деградации характерны для почв склоновых земель, где активно протекают водно-эрозионные процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балашов, Е.В.* Нормативы оценки оптимизации физических параметров почв, обеспечивающих совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур в полевых и регулируемых условиях / Е.В. Балашов, К.Г. Моисеев. – СПб.: Из-во АФИ, 2009. – 45 с.

2. *Кузнецова, И.В.* Оценка изменения физических свойств пахотных дерново-подзолистых суглинистых почв Нечерноземной зоны России в зависимости от характера антропогенного воздействия / И.В. Кузнецова, В.Ф. Уткаева, А.Г. Бондарев // Почвоведение. – 2009. – № 2. – С. 152–162.

3. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях: метод. рекомендации. – М.: ГНУ Почвен. институт им. В.В. Докучаева – 2010. – 176 с.

4. Почвы Белорусской ССР / под ред. чл.-корр. АН БССР Т.Н. Кулаковской, акад. АН БССР П.П. Рогового и канд. с.-х. наук Н.И. Смеяна. – Минск: Ураджай, 1974. – 328 с.

5. *Романова, Т.А.* Водный режим почв Беларуси / Т.А. Романова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 144 с.

6. Сравнительная оценка свойств эродированных почв при бесменном возделывании галеги восточной и культур кормового севооборота / А.Ф. Черныш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1(44). – С. 41–49.

7. Черныш, А.Ф. Современные почвенно-эрозионные процессы в Беларуси // А.Ф.Черныш, А.М. Устинова, А.В. Юхновец // Эрозионные и русловые процессы. – 2015. – № 6. – С. 27–46.

8. Современное состояние агрофизических свойств почв Белорусского Поозерья / А.Ф. Черныш [и др.]. – Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 19–28.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL PARAMETERS OF SOIL AGROPHYSICAL PROPERTIES AND ASSESSMENT OF THE CURRENT STATUS BASED ON THEM

V.B. Tsyribko

Summary

Model of determination of optimal ranges of values agrophysical properties of soils formed on different parent rocks are presented in the article. It was found that the agrophysical properties of soils are largely determined by the genesis of soil-forming rocks. Leading role of index adding density in the characterization of the physical condition of the soil was confirmed. An assessment of the current state of agrophysical soil properties was shown.

Поступила 11.05.2016

УДК 006.91:631.4

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЧВ

А.В. Шовковская

*Институт почвоведения и агрохимии имени О.Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Оценка характеристик почвы, планирование, внедрение и оценивание результативности системы мероприятий по повышению ее плодородия основывается на данных, полученных в результате различных измерений. Достоверность этих данных в значительной степени зависит от точности выбранных методов выполнения измерений, которая обеспечивается применением стандартизированных методик измерений.

Еще в 70-е годы прошлого века в работе В.И. Паневой, Г.А. Петровой, А.Б. Шаевича [1] отмечалось, что результаты метрологической экспертизы более 2 тыс. проектов стандартов, а также проведенный анализ измерений в различных отраслях народного хозяйства показали, что метрологическая часть нормативных документов, регламентирующих методики количественного анализа,

принятый порядок их разработки и обеспечения установленных требований к точности результатов нуждаются в совершенствовании. Требуется также внимания неоднозначность толкования характеристик точности методов измерений, о чем отмечалось в работе В.И. Панева, Н.А. Макулова, О.Б. Короткина [2]. Понятию «точность методов» уделено много внимания в работах В.А. Большакова, Д.Н. Иванова [3, 4].

К сожалению, и на сегодняшний день не существует однозначного толкования характеристик точности методов измерения. Кроме того, в связи с введением в действие в Украине документов, гармонизированных с международными, которые регламентируют показатели точности, возникла необходимость в пересмотре подходов к оценке точности методов.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются подходы к оцениванию точности методов определения состава и свойств почвы, установленных в национальных и гармонизированных стандартах Украины. В процессе исследования использованы: аналитический метод – для анализа и сравнения подходов к оцениванию точности методов; статистический и расчетно-аналитический – для оценки точности метода определения органического вещества в почве. Оценка точности метода определения органического вещества проводилась на основе данных межлабораторных измерений, которые проводились в 2013 и 2015 гг. с целью аттестации стандартных образцов. В 2013 г. в межлабораторных испытаниях отраслевых стандартных образцов почв трех типов (чернозема типичного тяжелосуглинистого, чернозема обыкновенного малогумусного, дерново-подзолистой супесчаной почвы) приняли участие 16 аттестованных лабораторий, а в 2015 г. в аттестационных измерениях материала государственного стандартного образца состава (агрохимических показателей) чернозема типичного тяжелосуглинистого (ГСО) – 15 лабораторий соответствующего уровня. В лаборатории рассылались образцы материалов и рекомендации по выполнению измерений. Количество полученных результатов соответствовало необходимому для оценивания точности метода определения органического вещества, которое производилось согласно с ДСТУ ГОСТ ИСО 5725 [5–10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для подтверждения качества и достоверности данных, аналитическая лаборатория должна контролировать точность полученных результатов измерения, сравнивая с точностью метода измерений. Но, как показал анализ национальных стандартов Украины на методы определения состава и свойств почв для характеристики точности метода используются около 20-ти различных показателей, что приводит к путанице и несоответствиям при оценке точности полученных результатов и при подготовке документов аналитических лабораторий к аккредитации (аттестации).

Обычно аналитические лаборатории выполняют измерения показателей состава и свойств почв в двух повторностях, поэтому было бы удобно для оценки точности выполненных измерений использовать меру, близкую к критическому

различию между двумя результатами, чем рассчитывать каждый раз погрешность, которая определена в большинстве национальных стандартах Украины. Такой подход к оценке точности методов используется в международных стандартах и регламентируется комплексом стандартов ISO 5725 (в Украине – ДСТУ ГОСТ ИСО 5725 [5–10]). Согласно требований стандартов этого комплекса для описания точности метода измерения используют два термина: «правильность» и «прецизионность». Термин «правильность» характеризует степень близости среднего значения, полученного на основе результатов измерений, принятому опорному значению (показателем правильности является значение систематической погрешности); термин «прецизионность» – степень близости результатов измерений друг к другу.

Приведенная ниже процедура оценки точности метода по гармонизированным стандартам ДСТУ ГОСТ ИСО 5725, позволяет оценить прецизионность и правильность метода определения органического вещества в почве по ДСТУ 4289 [11].

Для оценки прецизионности метода по требованиям ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–2 были использованы данные межлабораторных испытаний отраслевых стандартных образцов почвы, проводимых в 2013 году. В испытаниях участвовали 16 лабораторий, 12 – определяли массовую долю органического вещества по ДСТУ 4289. В лаборатории были направлены пробы отраслевых стандартных образцов почвы трех типов:

- 1) чернозем типичный тяжелосуглинистый;
- 2) чернозем обыкновенный малогумусный;
- 3) дерново-подзолистый супесчаный.

Тем самым эти межлабораторные испытания соответствовали требованиям ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–1 к эксперименту по оценке точности, а именно: количество лабораторий составило не менее 8 и материалы, используемые в эксперименте, в полной мере представляют те, к которым этот метод применяют на практике (использованы образцы почв трех типов). Однако, учитывая то, что целью этих испытаний было установление аттестационных характеристик отраслевых стандартных образцов, а не оценка прецизионности метода, не выполнялось требование ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–2 о равенстве параллельных определений, что не позволило применить все статистические критерии.

После получения протоколов измерений, данные были статистически обработаны согласно п. 7.3 ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–2 для каждого уровня (типа почвы) рассчитано три дисперсии: повторяемости, межлабораторную и воспроизводимости.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Анализ данных таблице 1 не выявил зависимости дисперсий повторяемости и воспроизводимости от средних значений содержания органического вещества в материалах различных уровней, поэтому в качестве показателей прецизионности могут быть использованы средние значения стандартных отклонений (квадратный корень из средних значений соответствующих дисперсий) s_{ij} и s_R .

Следовательно меры прецизионности для данного метода измерения имеют следующие значения:

- стандартное отклонение повторяемости $s_r = 0,112\%$;
- стандартное отклонение воспроизводимости $s_R = 0,123\%$.

Таблица 1

Расчетные значения среднего значения, дисперсии повторяемости, межлабораторной дисперсии и дисперсии воспроизводимости

Уровень (образец)	Количество лабораторий	Среднее значение, %	Дисперсия повторяемости S_{ij}^2 , %	Межлабораторная дисперсия S_{Lj}^2 , %	Дисперсия воспроизводимости, S_{Rj}^2 , %
1	11	3,061	0,0064	0,0025	0,0089
2	10	2,750	0,0369	0,0019	0,0388
3	11	0,625	0,0041	0,0020	0,0060

Примечание. Уровень 1 – чернозем типичный тяжелосуглинистый; уровень 2 – чернозем обыкновенный малогумусный; уровень 3 – дерново-подзолистая супесчаная почва.

Для оценки правильности метода были использованы данные аттестационных измерений материала государственного стандартного образца состава (агрохимических показателей) чернозема типичного тяжелосуглинистого (ГСЗ), проводимых в 2015 г. При аттестации в 15 агрохимических лабораторий были направлены ГСЗ и «Рекомендации руководителям лабораторий и аналитикам по выполнению измерений для межлабораторной аттестации государственного стандартного образца состава (агрохимических показателей) чернозема типичного тяжелосуглинистого», согласно которым каждой лаборатории, участвующей в межлабораторном эксперименте, рекомендовано осуществлять определение содержания показателей не менее чем двумя исполнителями, при этом для каждого из показателей проводить не менее 5 определений отдельно для каждой из применяемых лабораторией методик измерений.

В результате проведения данной работы получены протоколы результатов измерения органического вещества в почве от 14-ти лабораторий, среди них в 9-ти лабораториях измерения проводились двумя специалистами. Согласно ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–2 результаты измерений, проведенные двумя операторами в расчетах считались как результаты двух лабораторий, а следовательно мы получили результаты 23-х лабораторий с 5 повторностями измерений.

Эти данные полностью удовлетворяют требования ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–1, в первую очередь, одинаковым количеством повторностей измерений в большинстве лабораторий, а во-вторую, количеством участвующих лабораторий. К тому же, для расчета правильности метода достаточно материала одного уровня ввиду того, что анализ данных расчета прецизионности не выявил зависимости дисперсий воспроизводимости и повторяемости от средних значений содержания органического вещества в материалах различных уровней.

Полученные результаты измерений статистически обработаны согласно п. 7.3 ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–2, т.е. как и для расчета мер прецизионности. По результатам статистической обработки, исключены результаты двух лабораторий, поэтому результаты измерений остальных лабораторий признаны корректными, для них проводились дальнейшие расчеты.

В результате проверки прецизионности метода получены значения дисперсий повторяемости ($s_r^2 = 0,0017$) и воспроизводимости ($s_R^2 = 0,0032$), которые оценены

по отношению к полученным выше дисперсиям согласно ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–4. На основе их оценки сделан вывод, что для оценки правильности метода используются значения стандартных отклонений повторяемости и воспроизводимости определенных выше.

Вариация систематической погрешности метода измерения является следствием изменчивости результатов измерительного процесса.

Рассчитанное значение систематической погрешности метода определения органического вещества в почве составляет 0,0159%, а 95%-ный доверительный интервал для систематической погрешности метода определения органического вещества следующий:

$$- 0,02 \leq \delta \leq 0,05.$$

Результаты оценки правильности метода определения органического вещества, полученные на основе данных межлабораторного испытания государственного стандартного образца состава (агрохимических показателей) чернозема типичного тяжелосуглинистого, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки правильности метода определения органического вещества

Показатель	Результат
Количество повторностей n, шт.	5
Количество лабораторий p, шт.	21
Стандартное отклонение повторяемости s_p , %	0,04
Стандартное отклонение воспроизводимости s_R , %	0,056
Оценка систематической погрешности δ , %	0,0159
Доверительный интервал для систематической погрешности	$- 0,02 \leq \delta \leq 0,05$

Согласно ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–4 если доверительный интервал включает в себя нулевое значение, систематическая погрешность метода при уровне значимости $\alpha = 5\%$ незначима.

Таким образом, на основе полученных данных установлено, что систематическая погрешность метода определения органического вещества – незначима.

Подытоживая расчеты можно сделать вывод: характеристики точности метода определения органического вещества в почве, рассчитанные на основе межлабораторных испытаний стандартных образцов следующие: повторяемость результатов, полученных этим методом, составляет 0,112%, воспроизводимость – 0,123%.

Такой подход к оценке точности метода позволяет упростить текущий контроль точности измерений в аналитических лабораториях. Достичь однозначности в выражении точности методов, а главное, усовершенствовать стандарты на методы определения состава и свойств почв, ведь в процессе стандартизации метод измерения проходит своеобразную апробацию среди специалистов измерительных (аналитических) лабораторий, работающих в сфере охраны и качества почв.

ВЫВОДЫ

Совершенствование в соответствии с международными стандартами ДСТУ ГОСТ ИСО 5725 порядка разработки стандартов на методы измерения, особенно процесса оценки их точности, позволит повысить качество методов измерения, в сфере контроля состояния и определения характеристик качества почв, упростить процесс оценки точности результатов, достичь единства подходов с международными стандартами и требованиями, а значит и признания результатов измерения другими организациями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Панева, В.И.* Метрологическая оценка проектов стандартов на материалы и методы их анализа / В.И. Панева, Г.А. Петрова, А.Б. Шаевич // Обзорная информация ВНИИКИ. – М., 1974. – 40 с.
2. *Панева, В.И.* Разработка и аттестация методик количественного анализа проб веществ и материалов / В.И. Панева, Н.А. Макулов, О.Б. Короткина. – М.: Машиностроение, 1987. – 72 с.
3. О точности почвенных и агрохимических исследований / В.А. Большаков [и др.] // Почвоведение. – 1973. – № 8. – С. 39–52.
4. *Иванов Д.Н.* К вопросу о систематике аналитических методов / Д.Н. Иванов, В.А. Большаков // Агрохимия. – 1971. – № 3. – С. 27–32.
5. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 1. Основні положення та визначення (ГОСТ ИСО 5725–1–2003, IDT): ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–1:2005. – [Чинний з 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 31 с. – (Національний стандарт України).
6. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 2. Основний метод визначення повторюваності і відтворюваності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ИСО 5725–2–2003, IDT) : ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–2:2005. – [Чинний з 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 59 с. – (Національний стандарт України).
7. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 3. Проміжні показники прецизійності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ИСО 5725–3–2003, IDT): ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–3:2005. – [Чинний з 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 40 с. – (Національний стандарт України).
8. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 4. Основні методи визначення правильності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ИСО 5725–4–2003, IDT): ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–4:2005. – [Чинний з 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 36 с. – (Національний стандарт України).
9. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 5. Альтернативні методи визначення прецизійності стандартного методу вимірювання (ГОСТ ИСО 5725–5–2003, IDT): ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–5:2005. – [Чинний з 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 59 с. – (Національний стандарт України).
10. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювання. Частина 6. Використання значень точності на практиці (ГОСТ ИСО 5725–6–2003,

IDT): ДСТУ ГОСТ ИСО 5725–6:2005. – [Чинний з 2006–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 54 с. – (Національний стандарт України).

11. Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини: ДСТУ 4289:2004. – [Чинний з 2005–07–01]. – К.: Держспоживстандарт, 2005. – III, 9 с. – (Національний стандарт України).

ASSESSMENT OF ACCURACY THE METHODS OF DETERMINING THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOIL

A.V. Shovkovskaya

Summary

Approaches to assessment the accuracy of methods for determining the composition and properties of soil are studied installed in the national and harmonized standards of Ukraine. Established the absence of a unified approach to the process of assessment and ways expression of accuracy of methods for determining the composition and properties of the soil in the national standards of Ukraine, in contrast to the harmonization standards, where the approach is used regulated by the complex of standards ISO 5725. The results of assessment the accuracy (precision and accuracy) the method for determining the organic matter (according to DTR 4289) according to the requirements of DTR GOST ISO 5725 are presented. The advantage of using the methods for estimating the accuracy of determining the composition and properties of soil regulated approach international standards DTR GOST ISO 5725 is substantiated.

Поступила 23.02.2016

УДК 631.434.1

ОЦЕНКА АГРОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ПОСЛЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПО ЕЕ ТВЕРДОСТИ

А.Л. Бородин*

*Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского,
г. Харьков Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Твердость почвы является информативным показателем, характеризующим ее физико-механические свойства, а именно сопротивление росту корней и почвообрабатывающим орудиям в процессе их обработки [1]. Перспективным является использование показателя твердости для оценки агрофизического состояния

* Работа выполнена под руководством академика НААН, доктора биол. наук, профессора В.В. Медведева.

почвы перед посевом и качества предпосевной обработки. Показатель твердости широко используют при изучении изменения свойств почв при внедрении нулевой обработки [2], в исследованиях переуплотнения почв под влиянием тяжелой сельскохозяйственной техники [3].

В настоящее время проводятся исследования, направленные на уточнение известных агрофизических параметров посевного слоя почвы [4].

Цель работы – определить твердость посевного слоя почвы в течение вегетационного периода культур после традиционной обработки и после обработки экспериментальным предпосевным орудием в производственных условиях и в модельном опыте с оптимальными агрофизическими параметрами в семенном, надсеменном и подсеменном слоях для посева кукурузы, ячменя и подсолнечника, а также оценить агрофизическое состояние почвы по этому показателю и проследить связь между параметрами ее твердости и плотности.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований – темно-серая оподзоленная тяжелосуглинистая почва (пос. Коммунар, Харьковский район) и чернозем типичный тяжелосуглинистый (пос. Опытный, Чугуевский район). Оба объекта расположены в Харьковской области.

Предпосевную обработку темно-серой оподзоленной почвы выполнили традиционным способом (культиватором КТС–6 на глубину 6–8 см после осенней вспашки на глубину 22–25 см). Результаты сравнили с данными, полученными в микрополевом модельном опыте, где были искусственно сформированы семенной, надсеменной и подсеменной слои почвы с оптимальными агрофизическими параметрами. В 2013 г. выращивали ячмень сорта Парнас и кукурузу сорта Элегия, в 2014 г. – подсолнечник сорта НК Неома, в 2015 г. – ячмень Парнас.

Исследования на черноземе типичном тяжелосуглинистом проводили в 2014 году. Предпосевную подготовку почвы под ячмень выполнили двумя способами: традиционным, (культиватором КТС–6 на глубину 6–8 см после осенней вспашки на глубину 22–25 см) и экспериментальным предпосевным орудием. Оно представляет собой почвообрабатывающий агрегат, который содержит раму, по меньшей мере, один культиватор-плоскорез, выполненный в виде лемеха с сепарирующей решеткой, стояк, роторный рабочий орган с ножами, ось вращения которого расположена над сепарирующей решеткой. Ось вращения рабочего органа установлена с возможностью перемещения как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях относительно сепарирующей решетки [5]. Таким образом, с помощью специального роторного устройства осуществляется накопление структуры нужного размера, почва разрыхляется, сепарируется и проталкивается через отверстия решетки и помещается на семена. Регулировать структурный состав в семенном слое можно не только с помощью сепарирования, но и изменением скорости вращения ротора: чем больше скорость вращения, тем интенсивнее почва подвергается измельчению. Этот способ дает возможность добиться такого размера структуры, который будет отвечать размерам семян. Тем самым предполагается обеспечить умеренно плотный контакт почвы и семян, гарантировать их быстрое и дружное прорастание [6].

Модели посевного слоя почвы с оптимальными для выращивания кукурузы параметрами структурного состава были созданы вручную на экспериментальных микрополевых участках в опыте С.И. Крылач. Весь надсеменной слой почвы был снят и просеян через сита с разными диаметрами отверстий. Подсеменной слой уплотнили деревянным пестиком до плотности почвы в пределах от 1,00 до 1,27 г/см³. На этот слой высевали семена кукурузы и прикрывали сверху прослойкой просеянной почвы. Предпочтительный размер агрегатов в надсеменной части почвы колебался в пределах от 1 до 10 мм. Таким образом, были созданы оптимальные физические параметры для развития семян кукурузы [7].

Твердость измеряли твердомером конструкции Ревякина в начале, в середине и в конце вегетации культур на участке поля 25 × 25 м, на котором выбрали три участка 8 × 8 м, на каждой из которых, в свою очередь, по краям и в середине выбрали 5 участков 1 × 1 м. Твердость определяли в 10-кратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка данных методом вариационной статистики показала, что твердость темно-серой оподзоленной почвы в 2013 г. непосредственно после посева ячменя и кукурузы с доверительной вероятностью 95% была выше, чем в модельном опыте. При этом лучшие физические условия в почве, характеризующиеся параметрами твердости не более 10–15 кгс/см² [1], наблюдались в условиях модельного опыта в слое 0–15 см, а в производственных посевах под кукурузой и ячменем – в слое 0–9 см (рис. 1).

На второй год эксперимента, наоборот, существенных различий в твердости почвы непосредственно после посева культуры в модельном опыте и в производственных посевах не наблюдалось (рис. 2). Оптимальные параметры твердости наблюдались во всех случаях в слое 0–12 см.

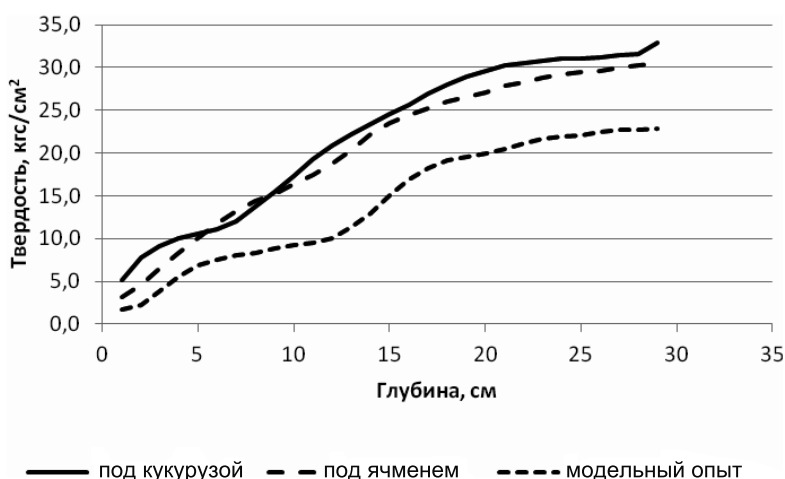


Рис. 1. Твердость темно-серой оподзоленной почвы после посева ячменя (17.04.2013) и кукурузы (29.04.2013) и в модельном опыте

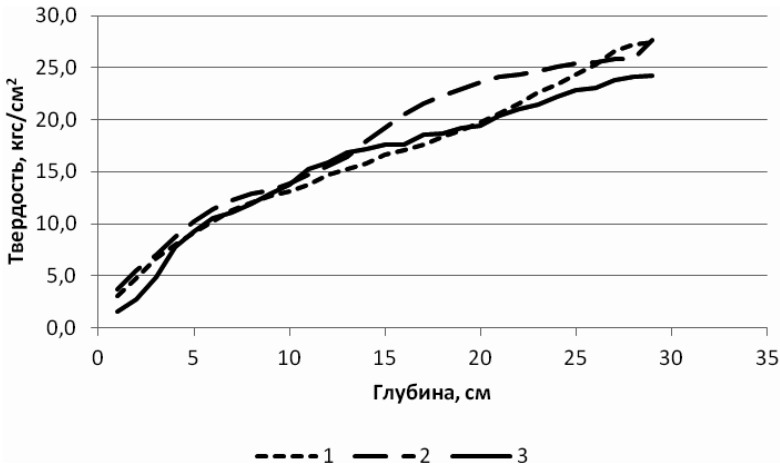


Рис. 2. Твердость темно-серой оподзоленной почвы после посева подсолнечника и в модельном опыте:
 1 – почва под подсолнечником после кукурузы (30.06.2014);
 2 – почва под подсолнечником после ячменя (28.06.2014);
 3 – почва в модельном опыте (28.06.2014)

В середине вегетации в 2013 г. более благоприятные условия в поверхностном слое почвы по показателю твердости в модельном опыте сохранились (рис. 3). При условии создания оптимальных параметров посевного слоя твердость почвы в слое 0–4 см оказалась в 1,5–2 раза ниже, чем под кукурузой, и в слое 0–15 см в 2 раза ниже, чем под ячменем.

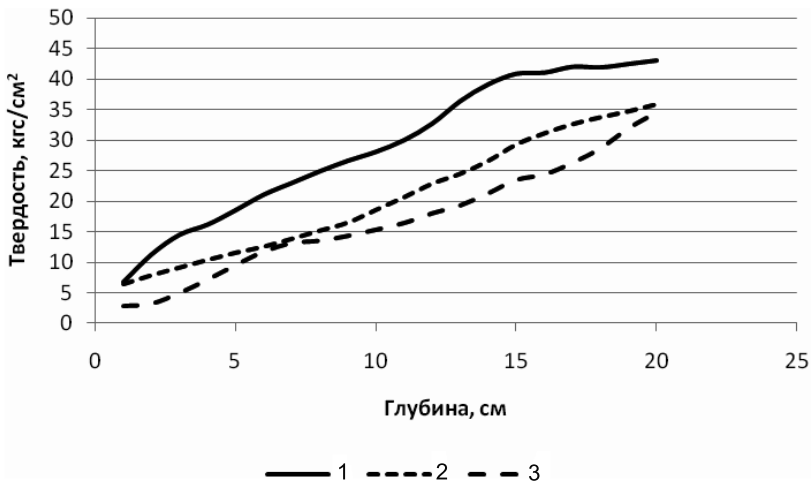


Рис. 3. Твердость темно-серой оподзоленной почвы в середине вегетации ячменя и кукурузы в производственных посевах и кукурузы в модельном опыте:
 1 – ячмень, производственный посев (05.06.2013);
 2 – кукуруза, производственный посев (04.06.2013);
 3 – кукуруза, модельный опыт (04.06.2013)

В конце вегетации (определение на участке поля под ячменем выполнено 17 июля, на участке поля под кукурузой – 10 октября) не было статистически значимых различий в твердости почвы в модельном опыте и под кукурузой (5,7 кгс/см² и 6,8 кгс/см² в слое 0–5 см соответственно), в то время как твердость почвы под ячменем существенно выросла и превысила величину этого показателя в модельном опыте в 4–5 раз, достигнув величин 20 кгс/см² в слое 0–5 см и 23 кгс/см² в слое 5–10 см (в модельном опыте 5,7 кгс/см² и 8,5 кгс/см² соответственно). И хотя в конце вегетации этот показатель не имеет такого значения, как непосредственно перед посевом, полученные результаты позволяют сделать вывод, что благоприятные свойства посевного слоя, созданные предпосевной обработкой, могут сохраняться в течение всего вегетационного периода (рис. 4.).

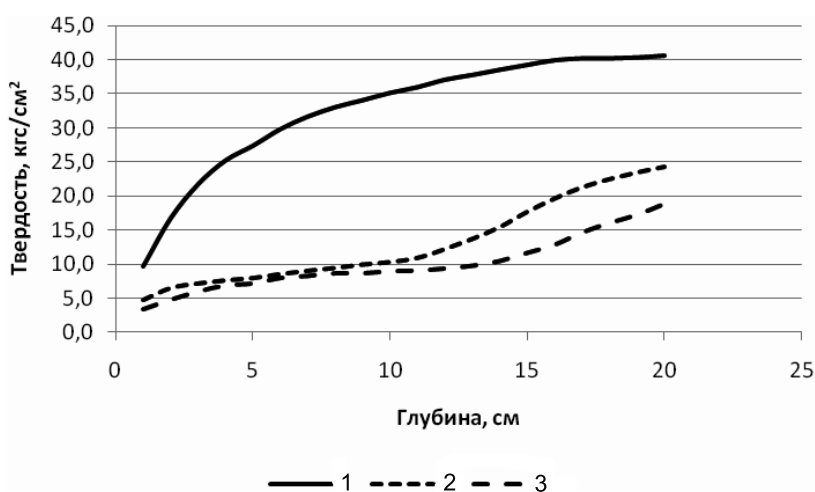


Рис. 4. Твердость темно-серой оподзоленной почвы в конце вегетации ячменя и кукурузы в производственных посевах и кукурузы в модельном опыте: 1 – ячмень, производственный посев (17.07.2013); 2 – кукуруза, производственный посев (10.11.2013); 3 – кукуруза, модельный опыт (10.11.2013)

Определение твердости почвы в 2014 г. в посевах подсолнечника после кукурузы (1 – 18.04; 2 – 28.07; 3 – 15.09) и ячменя (1 – 23.04; 2 – 30.07; 3 – 23.09) показало отсутствие значимых различий этого показателя от значений, полученных в модельном опыте (определения выполнены в те же сроки, что и на участке поля после кукурузы). Это объясняется качественной предпосевной обработкой производственных площадей, выполненной весной 2014 г., и более высокими абсолютными значениями показателя твердости в модельном опыте по сравнению с 2013 г. При этом в середине и в конце вегетации твердость почвы в модельном опыте на всю глубину определения была существенно ниже, чем в производственных посевах и увеличивалась с глубиной не так резко, что создавало более благоприятные условия для развития корневых систем растений.

На черноземе типичном тяжелосуглинистом с помощью экспериментального предпосевного орудия удалось создать надсеменной слой 0–4 см с меньшей твердостью (в среднем 4 кгс/см²), чем после обработки культиватором (в среднем 5 кгс/см²). При этом в обоих случаях наблюдались оптимальные значения твердости на глубину предпосевной обработки – в слое 0–8 см. В середине вегетации твердость почвы в этом слое существенно возросла – до 8 кгс/см² после обработки экспериментальным орудием и до 11 кгс/см² после традиционной обработки (табл. 1). Эти различия статистически значимы на уровне доверительной вероятности 95%. В конце вегетации твердость почвы после традиционной обработки и обработки экспериментальным орудием практически не отличалась.

Результаты определения твердости темно-серой оподзоленной почвы в 2015 г. свидетельствуют о том, что наибольшая твердость наблюдалась в середине вегетации ячменя (табл. 2). Наибольшие абсолютные значения этого показателя характерны для слоя 10–20 см, при этом оптимальные значения твердости наблюдались только в слое 0–5 см. Как видно из таблицы 2, твердость темно-серой оподзоленной почвы в начале вегетации ячменя в производственных условиях была значительно выше, чем чернозема типичного в опыте с оптимальными агрофизическими условиями, постепенно повышаясь с глубиной. При этом значение твердости чернозема типичного модельного опыта не превышало оптимальные значения во всем слое 0–20 см.

В середине вегетации ячменя твердость почвы резко увеличилась по сравнению с началом вегетации. Начиная с глубины 15 см, твердость почвы производственного поля постепенно снижалась, в отличие от твердости чернозема типичного модельного опыта, в котором твердость с глубиной практически не менялась (в таблице данные по двум почвам, а в описании одна почва и модельный опыт и производственный посев, привести в соответствие).

Для расчета твердости почвы по другим параметрам предложен ряд моделей. Так, Dexter A. с соавторами [8] приводят типичное уравнение da Silva и Kay, которое используют для прогнозирования твердости почвы:

$$Q = a \cdot \Theta^b \cdot D^c,$$

где D – плотность сложения почвы; Θ – содержание влаги в почве; a , b , c – эмпирические коэффициенты, учитывающие содержание в почве физической глины, органического вещества и т.д. (не менее 9 различных факторов).

Другая модель, результаты верификации которой приведены в работе [8], по мнению авторов, имеет логический и физический смысл, применима ко всем типам почв, учитывает показатели физического качества почвы и водоудерживающей способности (S):

$$Q = a + b \left(\frac{1}{S} \right) + c\sigma,$$

где a , b , c – эмпирические коэффициенты (как в формуле (1)), σ – эффективное напряжение.

Таблица 1

**Твердость чернозема типичного тяжелосуглинистого после традиционной предпосевной обработки
и обработки экспериментальным предпосевным орудием, кгс/см²**

Срок проведения	Глубина пенетрирования, см																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
<i>Традиционная обработка</i>																														
1 срок (17.04)	3	5	6	6	7	7	7	7	8	8	9	10	10	10	11	12	14	15	17	18	20	21	21	22	23	24	25	25	25	25
2 срок (11.06)	6	10	13	15	16	17	18	19	19	20	20	20	20	21	21	22	23	25	26	28	29	31	31	32	33	34	34	35	39	39
3 срок (24.07)	4	6	7	8	10	11	12	13	15	16	17	17	18	20	20	21	22	23	24	26	29	31	34	37	39	41	42	43	–	–
<i>Экспериментальное орудие</i>																														
1 срок (17.04)	2	3	4	5	6	8	10	13	16	18	19	20	21	21	22	22	23	25	25	26	27	28	29	30	31	32	32	32	33	
2 срок (11.06)	4	7	9	11	13	14	16	18	20	23	24	25	26	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34	34	35	36	36	41	41	
3 срок (24.07)	4	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22	24	26	28	29	31	32	33	34	36	37	39	40	44	

Таблица 2

**Твердость темно-серой оподзоленной почвы после традиционной предпосевной обработки производственных посево
и чернозема типичного тяжелосуглинистого в модельном опыте, кгс/см²**

Срок проведения 2015 г.	Глубина пенетрирования, см																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Темно-серая оподзоленная почва</i>																				
1 срок (27–28.04)	4	7	10	13	14	15	16	18	19	19	20	21	21	21	22	22	23	23	24	24
2 срок (02.07)	7	12	18	22	23	28	30	31	32	32	33	34	35	34	34	31	31	31	32	28
3 срок (29.07)	3	4	5	6	7	9	10	12	14	16	19	21	24	25	27	28	30	31	32	32
<i>НСР₀₅=6</i>																				
<i>Чернозем типичный</i>																				
1 срок (29.04)	3	4	4	4	5	5	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	3	4	3	4
2 срок (02.07)	2	3	4	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7	7	2	3	4	5	6	3
3 срок (07.10)	3	5	8	8	10	12	14	17	18	3	5	8	10	12	14	17	18	19	20	22
<i>НСР₀₅=5</i>																				

Обычно существует противоположная задача: по показателю твердости, который можно легко и быстро измерить в полевых условиях, оценить другие характеристики почвы, и сделать обоснованные выводы о качестве предпосевной обработки почвы вообще.

По результатам определений влажности, плотности сложения и твердости темно-серой оподзоленной почвы (всего 66 дат в 2013–2015 гг. Слобожанское опытное поле, поселок Коммунар, Харьковского района) построена регрессионная модель (рис. 5):

$$X = 23,92 - 1,25Y + 15,89Z,$$

где X – твердость почвы, кгс/см²; Y – влажность почвы, %; Z – плотность сложения почвы, г/см³.

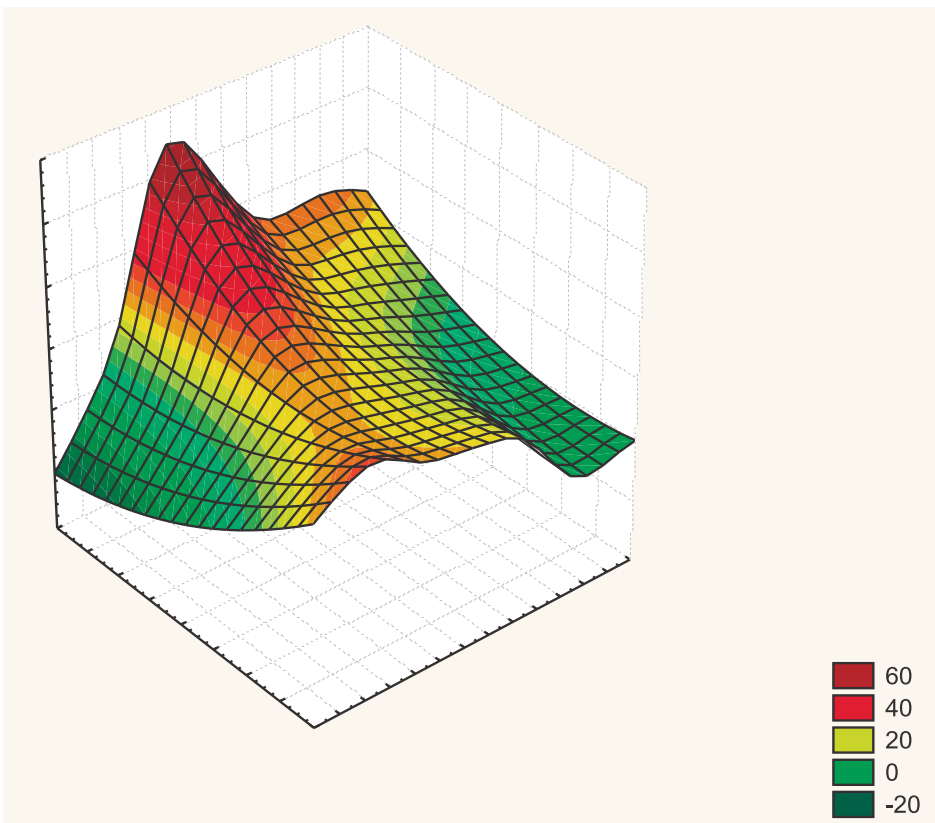


Рис. 5. Графическое изображение зависимости между значениями влажности, плотности сложения и твердости темно-серой оподзоленной почвы

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,51$.

Уровень доверительной вероятности p для свободного члена уравнения и для коэффициента влажности не превышает 0,02.

По результатам определений влажности, плотности сложения и твердости чернозема типичного тяжелосуглинистого малогумусного (всего 24 дат, 2014 г.

Слобожанское опытное поле, поселок Опытный, Чугуевского района) построена регрессионная модель (рис. 6):

$$X = -24,6 + 1,6Y + 67,86Z,$$

где X – твердость почвы, кгс/см²; Y – влажность почвы, %; Z – плотность сложения почвы, г/см³.

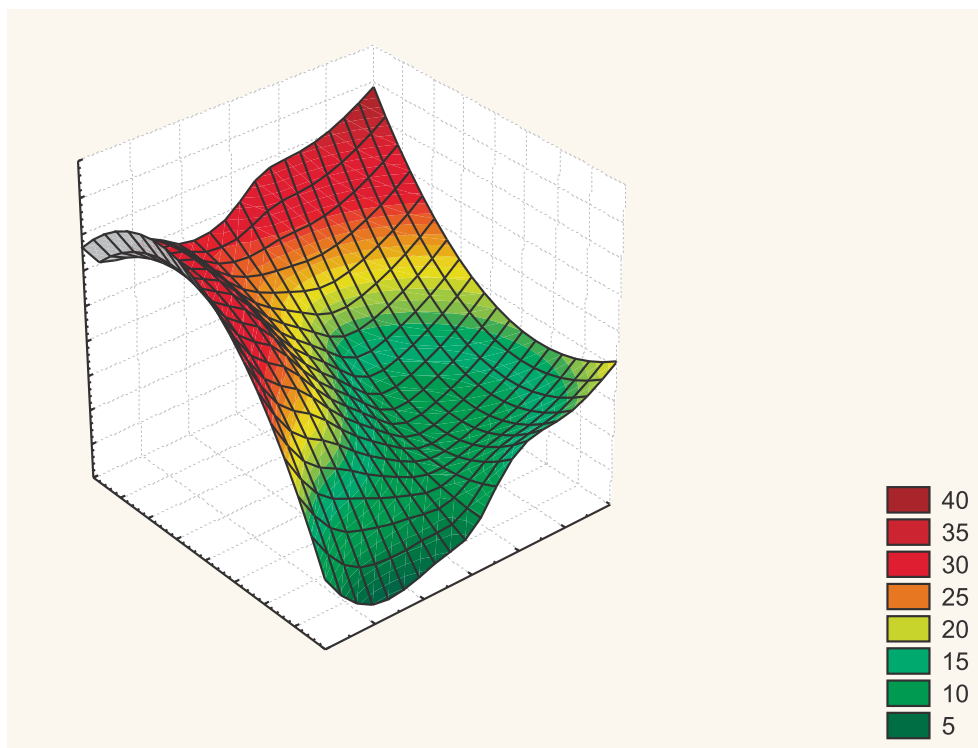


Рис. 6. Графическое изображение зависимости между значениями влажности, плотности сложения и твердости чернозема типичного тяжелосуглинистого малогумусного

Коэффициент множественной корреляции $R = 0,80$.

Уровень доверительной вероятности p для коэффициента влажности и для коэффициента плотности сложения не превышает 0,002.

По результатам определения твердости и влажности почвы с определенной вероятностью можно установить ее плотность сложения – показатель, важный для оценки качества предпосевной обработки почвы (но трудно определяемый по причине громоздкости метода). Очевидно, что точность и адекватность приведенных эмпирических моделей зависит от количества данных, по которым они созданы, по этой причине они требуют дальнейшего уточнения.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально подтверждено, что посевной слой с оптимальными агрофизическими параметрами характеризуется благоприятными показателями твердости до глубины 12–15 см. Можно формировать такие показатели твердости почвы и в производственных условиях. На черноземе типичном тяжелосуглинстом с помощью экспериментального предпосевного орудия был создан надсеменной слой 0–4 см с твердостью 3,5 кгс/см², что меньше, чем после обработки культиватором – 4,9 кгс/см². При каждом из видов предпосевной обработки твердость почвы можно оценить как оптимальную, при этом меньшая твердость после обработки экспериментальным орудием сохранилась до середины вегетации ячменя.

2. Влияние предпосевной обработки, в случае формирования оптимальных агрофизических параметров почвы, может сохраняться в течение всего вегетационного периода, по крайней мере, это справедливо при выращивании кукурузы на зерно. Нужно усовершенствовать экспериментальное предпосевное орудия так, чтобы оно обеспечивало лучшие показатели твердости не только в надсеменной прослойке, но и в семенном и подсеменном слоях почвы.

3. По количественным значениям твердости и влажности почвы с определенной вероятностью можно установить ее плотность сложения – показатель, важный для оценки качества предпосевной обработки почвы (трудно определяемый по причине громоздкости метода). Очевидно, что точность и адекватность приведенных эмпирических моделей зависит от количества данных, по которым они созданы, по этой причине они требуют дальнейшего уточнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев, В.В.* Твердость почв / В.В. Медведев. – Харьков. Изд. КГ1 «Городская типография», 2009. – 152 с.
2. *Lampurlanes, J.* Soil bulk density and penetration resistance under different tillage and crop management systems and their relationship with barley root growth / J. Lampurlanes, C. Cantero-Martinez // *Agron J.* – № 95. – 2003. – P. 526–536.
3. *Manuwa, S.I.* Evaluation of shear strength and cone penetration resistance behavior of tropical silt loam soil under uni-axial compression / S.I. Manuwa, O.C. Olaiya // *Open Journal of Soil Science.* – 2012. – № 2. – P. 95–99.
4. Агровимоги до передпосівного обробітку щодо структурного складу та щільності будови ґрунту з урахуванням розміру насіння сільськогосподарських культур: рекомендації / В.В.Медведев [та ін.]. – Харків: Вид-во «Міськдрук», 2013. – 24 с.
5. Ґрунтообробний агрегат : пат. 82554 Україна : МПК А01В 49/06 (2006.01) / В.К. Пузік, В.В. Медведев, В.Ф. Пашченко, С.І. Корнієнко, А.О. Батулін, С.І. Хекало, Н.Г. Пташинська; – № u 2013 03966; заявл. 01.04.2013; опубл.12.08.2013, Бюл. № 15. – 9 с.
6. *Медведев, В.В.* Новітні технології і знаряддя обробітку для збереження фізичних властивостей ґрунтів / В.В. Медведев // *Вісник аграрної науки.* – 2013. – № 8. – С. 5–9.

7. *Хекало, С.И.* Потребности растений с разным размером семян в плотности строения и структурном составе посевного слоя почвы / С.И. Хекало // Вестник аграрной науки. – 2014. – № 4. – С. 73–76.

8. *Dexter, A.R.* A method for prediction of soil penetration resistance / A.R. Dexter, E.A. Czyż, O.P. Gałe // Soil and Tillage Research. – 93. – 2007. – С. 412–419.

ASSESSMENT OF AGROPHYSICAL STATE THE OF SOIL AFTER SEEDBED PREPARATION BY SOIL PENETRATION RESISTANCE

A.L. Borodin

Summary

Penetration resistance of dark gray podzolic soil and typical heavy-loamy chernozem was measured after traditional presowing tillage (by cultivator KTS 6 to a depth of 6–8 cm), presowing tillage by experimental tool in a production conditions and in a model microfield experiment with manually created optimum agrophysical parameters of seed layer. For dark gray podzolic soil the optimum parameters of penetration resistance during 2013–2014 was observed in all cases in a layer of 0–12 cm. In 2015 the optimal penetration resistance values were observed only in the layer of 0–5 cm. For typical heavy-loamy chernozem optimal values of penetration resistance is observed at depth of seedbed preparation in a layer of 0–8 cm. In the case of forming the optimal agrosoil parameters by presowing tillage its influence can be maintained throughout the growing season. Regression models allowing by results of penetration resistance and moisture determination with certain probability to establish its bulk density are proposed.

Поступила 21.03.16

УДК 631.4:631.6

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО В ПОСТИРРИГАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Л.И. Воротынцева

*Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

В контексте изменений климата, которые наблюдаются в последние годы в мировом масштабе, орошение является одним из факторов повышения стабильности сельскохозяйственного производства, получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур, устранения зависимости и адаптации

к погодно-климатическим условиям. Засушливость климата и возрастающий дефицит влагообеспеченности приумножают риски, связанные с экологической, продовольственной безопасностью Украины, снижением продуктивности земель [1]. Глобальной экологической проблемой, которая связана с изменениями климата и отмечается во всех природных зонах мира, является опустынивание. Согласно конвенции ООН по борьбе с опустыниванием, этот термин определяется как «деградация земель в аридных, полуаридных и засушливых областях земного шара, вызванная как деятельностью человека (антропогенными причинами), так и природными факторами и процессами [2]. Причиной «климатического опустынивания» является аридизация вследствие чрезмерного снижения влажности воздуха из-за увеличения температуры и низкого количества осадков.

Для условий Украины очевидными могут быть процессы аридизации почв зоны Лесостепи и Степи вследствие изменения температурных показателей, роста дефицита влагообеспеченности, что приведет к снижению агропотенциала почвы, нарушению ее экологических, продуктивных функций, изменению водного, и связанных с ним солевого, воздушного, биологического режимов, что в конечном счете отразится на плодородии почв. По данным экспертов Организации Объединенных Наций, борьба с деградацией почв и глобальная продовольственная безопасность являются одними из ключевых проблем мирового масштаба. Поэтому в контексте климатических изменений, в Украине для обеспечения устойчивого развития сельскохозяйственного производства, увеличения продуктивности сельскохозяйственных культур на современном этапе важным аспектом является разработка стратегических планов по развитию и восстановлению орошения. На сегодняшний день около 40% всего мирового продовольственного запаса получают с орошаемых сельскохозяйственных земель [3].

В 70-80-е годы прошлого столетия в Украине выполнен большой объем работ по строительству оросительных систем, и площадь орошаемых земель составляла 2,6 млн га. При этом продуктивность орошаемых земель была в 2–3 раза выше, чем богарных, и они выполняли роль гаранта продовольственной безопасности страны.

Реформирование аграрного производства привело к смене формы собственности на землю, распаеванию орошаемых земель и появлению мелкоконтурности участков, что затрудняет их обслуживание и использование, а также к нарушению целостности внутри- и межхозяйственной сети. За последние 25 лет площадь орошаемых земель уменьшилась и, по данным Государственного агентства водных ресурсов Украины, в 2014 г. она составляла 1,77 млн га (без АР Крым), но при этом фактически поливалось 477 тыс. га. Причиной этого является целый ряд причин организационно-экономического характера, связанных с сокращением капиталовложений в водохозяйственный комплекс. В Донецкой и Херсонской областях, которые являются объектами наших исследований, по состоянию на 01.01.2014 г. площадь орошаемых земель составляла 122,3 тыс. га и 426,8 тыс. га соответственно. Но при этом фактически поливалось 7,8 тыс. га и 291,5 тыс. га соответственно, а остальные земли считаются неофициально выведенными из орошения, которые временно не поливаются.

По данным проведенной инвентаризации орошаемых земель Украины, площади, которые можно поливать без дополнительных капиталовложений, состав-

ляют 580 тыс. га, а площади, на которых возможно восстановить мелиоративные системы – 733 тыс. га. Проведение этих работ потребует материальных и технических капиталовложений, источником которых могут быть инвестиционные и кредитные ресурсы. Необходима разработка стратегии дальнейшего развития ирригации земель с учетом современных научно-методических подходов и критериев, оценки эколого-агроекологического состояния земель, качества воды, внедрение системного, интегрированного подхода в управлении водными и земельными ресурсами. Орошение в Украине должно обеспечивать высокоэффективное, экологически безопасное использование орошаемых земель путем разработки и реализации комплекса мероприятий по управлению их плодородием.

Поэтому с целью обеспечения устойчивого развития водохозяйственного комплекса и орошаемого земледелия в соответствии с Водным и Земельным кодексом, Законами Украины «Про меліорацію земель», «Про охорону земель» разработана концепция восстановления и развития орошения в южном регионе [4]. В Украине при участии представителей Мирового банка создан Координационный совет по вопросам восстановления работы и развития оросительных систем (Постановление Кабинета Министров Украины от 27.01.2016 г. № 50). Основные усилия при этом должны быть направлены на реконструкцию и модернизацию оросительных систем, повышение потенциала орошаемых земель, создание ассоциаций земле- и водопользователей, применение энерго- и ресурсосберегающих способов полива (например, капельного), охрану водных и почвенных ресурсов.

Орошаемое земледелие должно быть максимально адаптированным к ландшафтными условиям, необходимо создание высокопроизводительных экологически устойчивых агроэкосистем и агроландшафтов на основе формирования оптимальной структуры сельскохозяйственных угодий, консервации деградированных и техногенно загрязненных земель, баланса экономических и экологических проблем. Эффективным является применение высоких агротехнологий, основанных на комплексном и оптимальном использовании ресурсов, которые способствуют повышению урожайности на фоне одновременного уменьшения оросительных и поливных норм, доз удобрений, мелиорантов. Очень важным является внедрение современных, основанных на ГИС-технологиях систем управления орошением, а также информационного обеспечения в орошаемом земледелии, усовершенствование структуры управления оросительными системами [5].

В современных условиях повышение эффективности использования орошаемых земель и обеспечение устойчивого их развития необходимо рассматривать через призму следующих интегрированных задач:

- получение максимальной прибыли с каждого гектара орошаемой пашни;
- снижение энергоемкости растениеводческой продукции и сельскохозяйственного производства при орошении;
- уменьшение термина окупаемости инвестиций;
- применение ресурсосберегающих технологий повышения плодородия орошаемых почв и экономически выгодных способов полива.

Поэтому на современном этапе восстановления орошения возрастает актуальность и практическая значимость исследований, связанных с изучением направ-

ленности процессов и режимов, продуктивности почв, выведенных из орошения, которые являются резервом для расширения орошаемых площадей в Степи Украины. На основании оценки плодородия почв, современного эколого-агроекологического их состояния, возможным является принятие управленческого решения о возможности возобновления орошения.

В научной литературе немногочисленными являются публикации о направленности почвенных процессов, эволюции черноземов обыкновенных, ранее орошавшихся минерализованными водами, в условиях длительного постирригационного периода [6, 7].

Цель исследований – комплексное изучение особенностей почвообразования чернозема обыкновенного Северной Степи Украины в условиях постирригационного богарного использования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе исследований многолетние наблюдения (2001–2012 гг.) на стационарных мониторинговых площадках, заложенных в производственных условиях на Марьинском стационаре № 2 (Марьинский район Донецкой области) с использованием метода «ключей-аналогов» [8].

Объект исследований – оросительная вода, неорошаемая, орошаемая, выведенная из орошения почвы. Почва представлена черноземом обыкновенным малогумусным легкоглинистым (среднеглинистым) на лессовидном суглинке, который относится к зоне Степи Северной, подзоне Степной северно-центральной умеренно засушливой (гидротермический коэффициент 0,76–0,82). По уровню залегания грунтовых вод земли характеризуются автоморфными условиями.

Были заложены две площадки: на неорошаемом участке (площадка № 1, контроль) и выведенном из орошения (площадка № 2), а до этого времени орошавшемся в течение 30 лет минерализованной водой из пруда-накопителя золоотстойников Кураховской гидроэлектростанции. В период развития орошения данный участок использовался в интенсивном овощном севообороте, а после прекращения ирригации был переведен в полевой севооборот.

Химический состав оросительной воды характеризовался динамичностью, минерализация ее варьировала в пределах 2,8–3,5 г/дм³, pH 7,4–8,0. По составу солей вода характеризовалась хлоридно-сульфатным кальциево-натриевым типом. По агрономическим критериям (ДСТУ 2730–94) вода оценивалась как непригодная для орошения (3 класс) по опасности засоления, осолонцевания, токсического действия на растения; по экологическим критериям (ДСТУ 7286:2012) – непригодная по содержанию свинца, кадмия и кобальта.

Методы исследования – полевые мониторинговые исследования на стационарных площадках, методы системного анализа, статистической обработки, аналитических исследований.

В почве определяли солевой состав методом водной вытяжки (ГОСТ 26424-85-26428-85), содержание поглощенных катионов – методом Тюринга; подвижных форм тяжелых металлов (ТМ), извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH–4,8 (ДСТУ 4770.1:2007-4770.9:2007), подвижных форм фосфо-

ра и калия по методу Мачигина (ДСТУ 4114–2002), нитратного и аммонийного азота (ДСТУ 4729:2007), углерод органического вещества (ДСТУ 4289:2004), гранулометрический и микроагрегатный состав – методом пипетки в модификации Н.А. Качинского (ДСТУ 4730:2007, ДСТУ 4728:2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованиями установлено, что орошение приводит к существенным изменениям направленности природных почвенных процессов и режимов, трансформации показателей состава и свойств черноземов обыкновенных, которые определяются химическим составом поливной воды, исходными свойствами почвы, ландшафтно-геохимическими условиями [9, 10]. Изменение ландшафтно-экологических условий приводит к развитию новых по сути и интенсивности элементарных почвообразующих процессов (долгосрочных и краткосрочных), которые приводят к преобразованию исходных почв.

На основании полученных результатов исследований охарактеризуем особенности и закономерности почвообразования, изменения показателей чернозема обыкновенного в результате орошения минерализованной водой низкого качества и в постирригационный период. Вследствие 30-летнего периода орошения в верхнем полутораметровом слое произошли качественные и количественные изменения состава водорастворимых солей, связанные с увеличением общего количества солей в профиле почвы до 0,13–0,17%, в том числе и токсичных до 0,11–0,12% (до слабой степени засоления), преимущественно за счет хлоридов и сульфатов магния и натрия (рис. 1). Формирование горизонта солевых аккумуляций отмечается на глубине 100–150 см. Долгосрочное орошение привело к ощелачиванию почвенного раствора на 0,2–0,5 единицы pH, уменьшению соотношения Ca:Na до значений, характерных для сильно- и среднедеградированных почв (табл. 1). Так, в неорошаемой почве в полутораметровом слое соотношение Ca:Na составляло 6,0–8,3, а в результате орошения оно снизилось до 0,2–0,6, что свидетельствует о развитии ирригационного осолонцевания вследствие вытеснения катионов кальция катионами натрия.

В почве, выведенной из орошения, с увеличением термина постирригационного периода и использования его в богарных условиях отмечается затухание галогеохимических процессов и развитие процессов, противоположных тем, что протекают при орошении. Результаты определения солевого состава почвы свидетельствуют об активизации быстрообратимого процесса рассоления профиля чернозема обыкновенного под действием атмосферных осадков, происходит постепенное восстановление свойств почвы в сторону неорошаемого аналога. Следствием шестилетнего пребывания чернозема обыкновенного вне орошения явилось рассоление почвенного профиля, начиная с верхних слоев (0–25, 25–50 см), общее содержание легкорастворимых солей при этом уменьшилось до 0,11%, а токсичных – до 0,05–0,06%. Щелочность снизилась на 0,2–0,4 единицы. Вследствие улучшения качественного состава солей соотношение Ca:Na увеличилось до 0,9–2,2.

Через 9 лет после прекращения орошения содержание общих и токсичных солей оставалось на уровне 6-летнего постирригационного периода, но качест-

венный состав солей улучшался – соотношение Ca:Na в почвенном профиле расширилось до 1,0–2,4 с тенденцией продвижения процесса рассоления вглубь почвы.

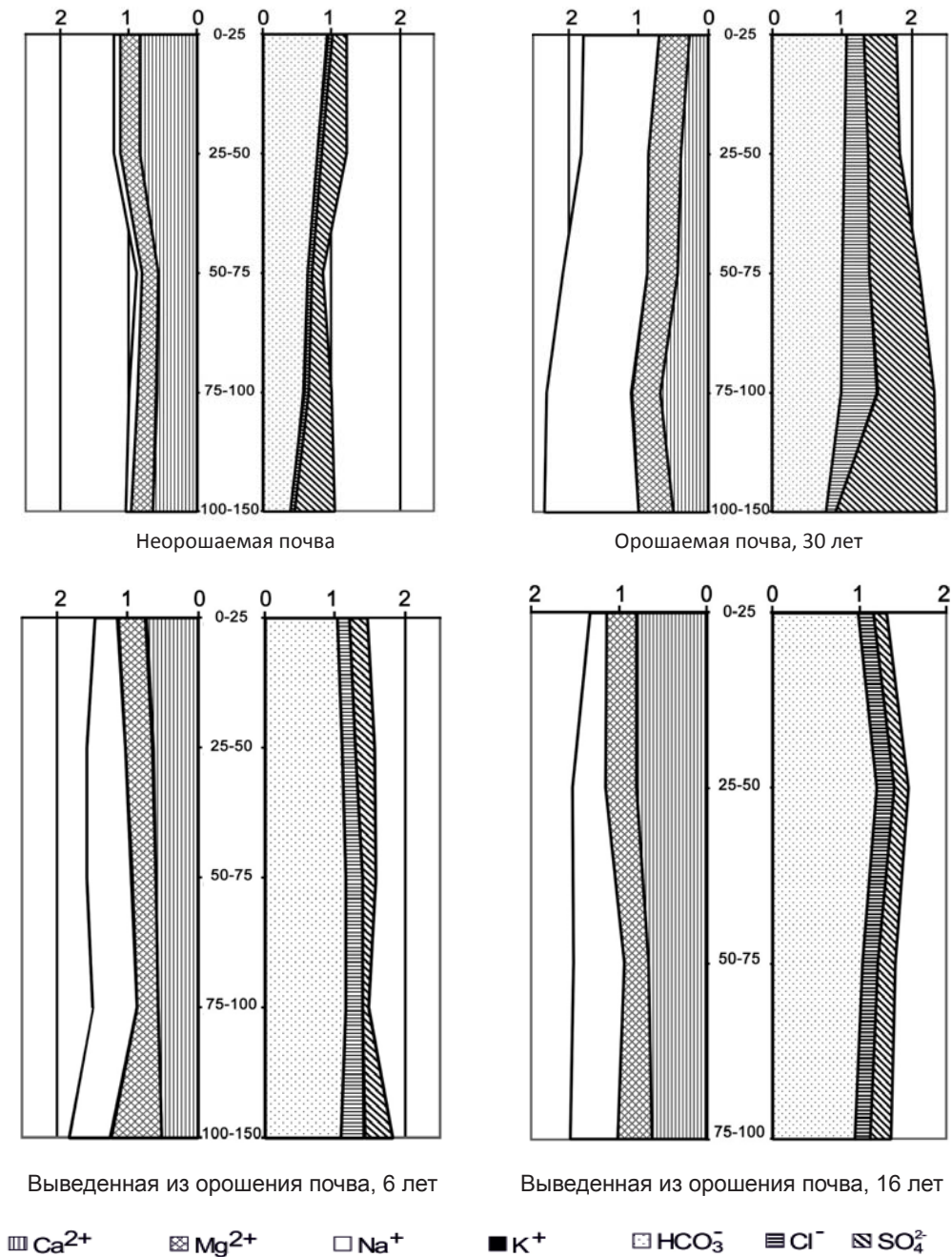


Рис. 1. Солевой профиль чернозема обыкновенного при различном его использовании

**Изменение солевого состава чернозема обыкновенного
при орошении и выведении из орошения**

Объект	Глубина, см	Сумма солей, %		рН	Содержание ионов, мэкв/100 г почвы						Ca:Na
		общих	токсич- ных		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
Без орошения	0–25	0,092	0,027	7,7	0,94	0,07	0,21	0,82	0,29	0,11	7,5
	25–50	0,090	0,026	7,7	0,79	0,07	0,35	0,82	0,29	0,10	8,3
	50–75	0,065	0,021	7,8	0,65	0,07	0,15	0,56	0,24	0,07	8,0
	75–100	0,072	0,025	7,8	0,59	0,07	0,33	0,60	0,27	0,10	6,0
	100–150	0,073	0,027	8,0	0,40	0,07	0,57	0,64	0,32	0,08	8,0
Орошение, 30 лет	0–25	0,134	0,110	8,1	1,06	0,24	0,47	0,27	0,45	1,20	0,2
	25–50	0,131	0,095	8,1	1,03	0,34	0,44	0,38	0,47	0,96	0,4
	50–75	0,149	0,109	8,2	1,00	0,38	0,70	0,43	0,44	1,20	0,4
	75–100	0,163	0,108	8,4	0,98	0,52	0,80	0,68	0,41	1,21	0,6
	100–150	0,167	0,123	8,3	0,77	0,14	1,43	0,50	0,49	1,35	0,4
Выведенная из орошения почва, 6 лет	0–25	0,108	0,048	7,9	1,06	0,17	0,25	0,74	0,41	0,33	2,2
	25–50	0,117	0,062	8,0	1,09	0,20	0,28	0,64	0,38	0,55	1,2
	50–75	0,118	0,065	8,2	1,14	0,25	0,19	0,60	0,33	0,65	0,9
	75–100	0,112	0,061	7,8	0,15	0,25	0,08	0,56	1,30	0,62	0,9
	100–150	0,130	0,087	8,0	1,08	0,34	0,41	0,52	0,71	0,59	0,9
Выведенная из орошения почва, 9 лет	0–25	0,106	0,047	7,8	0,98	0,27	0,33	0,75	0,39	0,31	2,4
	25–50	0,112	0,057	7,9	1,09	0,45	0,24	0,65	0,37	0,48	1,4
	50–75	0,102	0,061	8,0	1,06	0,4	0,12	0,68	0,29	0,62	1,1
	75–100	0,101	0,073	8,0	1,06	0,34	0,12	0,72	0,34	0,75	1,0
Выведенная из орошения почва, 16 лет	0–25	0,098	0,035	7,6	0,98	0,18	0,15	0,80	0,34	0,19	4,2
	25–50	0,117	0,049	7,7	1,20	0,20	0,16	0,80	0,35	0,38	2,1
	50–75	0,109	0,057	7,8	1,03	0,18	0,20	0,66	0,28	0,58	1,1
	75–100	0,105	0,062	7,8	0,95	0,18	0,23	0,63	0,38	0,55	1,1

Следствием 16-летнего пребывания чернозема обыкновенного в режиме богарного землепользования явилось дальнейшее рассоление почвенного профиля, с более интенсивной активизацией этих процессов в подпахотном слое и глубже. Происходит постепенная ренатурализация свойств почвы в сторону неорошаемого аналога. Следует отметить, что за этот период почва достигла неорошаемого аналога по содержанию общего количества водорастворимых солей только в пахотном слое 0–25 см (0,098%), а в более глубоких слоях концентрация их составляла 0,11–0,12% и превышала показатели неорошаемого аналога. Содержание токсичных солей по всему профилю почвы оставалось выше, чем в богарном контроле (0,035–0,062%). Соотношение Ca:Na расширилось до 2,1–4,2 в верхнем полуметровом слое, что все еще значительно ниже, чем в условиях богарного землепользования, а в нижних горизонтах, где содержание водорастворимого натрия оставалось высоким вследствие длительного орошения минерализованной водой и сухости климата, оно увеличилось незначительно – до 1,1. Это свидетельствует

о том, что качественный состав водорастворимых солей, нарушенный орошением водой низкого качества, восстанавливается значительно медленнее, чем количественный. Натрий сохраняется в почвенном растворе значительно дольше, чем кальций, вследствие постепенного перехода из обменно поглощенного состояния в водорастворимое.

Таким образом, 16-летнего пребывания чернозема обыкновенного без орошения было достаточно только для восстановления общего содержания водорастворимых солей в слое 0–25 см до уровня богарной почвы, а для качественного изменения водорастворимых солей он был недостаточным. Это свидетельствует о том, что при орошении непригодными водами деградационные изменения накапливаются в почвенном профиле и обуславливают невозможность полного воспроизводства ресурсов почвенного плодородия.

Процессы солеобмена в черноземе обыкновенном неразрывно связаны почвенным поглощающим комплексом, прежде всего из качественным составом поглощенных катионов. Исследованиями установлено, что в результате 30-летнего периода орошения непригодной водой процесс осолонцевания достиг средней степени, а сумма поглощенных Na^+ составляла 6,1–7,1% от суммы поглощенных катионов в слоях 0–25 см и 25–50 см (рис. 2).

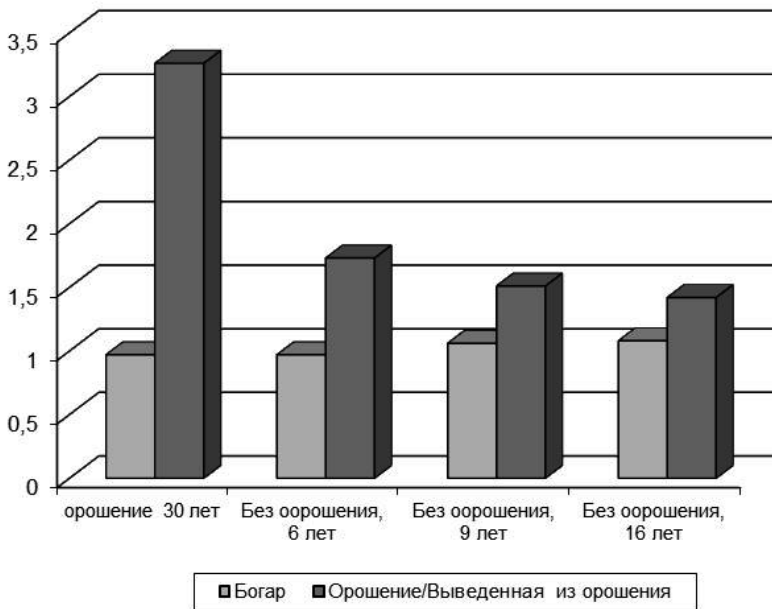


Рис. 2 . Содержание поглощенного натрия и калия в почве, мэкв/100 г почвы

В ранее орошаемой почве после прекращения поливов отмечается развитие почвообразовательных процессов, направленных в сторону ее рассолонцевания под действием атмосферных осадков, которые характеризуют особенности почвообразования и эволюции почвы, а в конечном итоге определяют уровень ее плодородия. За 6-летний период в верхнем 0-25 сантиметровом слое почвы содержание поглощенного натрия уменьшилось с 2,4 мэкв/100 г почвы до 0,45 мэкв/100 г вследствие вытеснения его кальцием, а степень осолонцевания

снизилась до слабой (3,7% Na⁺ от суммы поглощенных оснований). С увеличением богарного использования чернозема обыкновенного происходят более интенсивные изменения в составе поглощающего комплекса. Так, за 16-летний период без орошения содержание поглощенного натрия уменьшилось до 0,27 мэкв/100 г, но при этом не достигло уровня исходной почвы. Солонцеватость же сохранялась на уровне слабой степени (3,4% Na⁺ от суммы поглощенных оснований).

Таким образом, 16-летнего периода было недостаточно для восстановления качественного и количественного состава поглощенных катионов до уровня неорошаемой почвы. Исследованиями установлено [6], что полное восстановление основных свойств чернозема обыкновенного среднеосолонцованного в результате поливов водой 2–3 класса можно ожидать примерно на 35–40 год после прекращения орошения.

Изучение питательного режима показало, что в выведенной из орошения почве, которая до этого использовалась в овощном севообороте, за счет применения удобрений обеспеченность почвы азотом, фосфором и калием была выше, чем богарной. После 9-летнего периода богарного использования ранее орошаемой почвы существенного различия в содержании минерального азота, который отличается подвижностью и динамичностью, по сравнению с богарным контролем практически не отмечалось, и обеспеченность почвы зависела главным образом от количества внесенных удобрений под выращиваемые культуры. Содержание же фосфора и калия в этих условиях было несколько выше в выведенной из орошения почве, очевидно за счет перехода их соединений из труднорастворимых в более растворимые в условиях более высокой влажности почвы при орошении. В целом динамика содержания подвижных форм питательных элементов направлена на приближение к показателям неорошаемой почвы с каждым годом последствия. На 16 год последствия существенных различий между неорошаемой и выведенной из орошения почвами по содержанию подвижных форм азота, фосфора и калия не отмечалось.

По содержанию гумуса чернозем обыкновенный характеризовался как малогумусный – 4,0–4,4%. На 16-год последствия достоверных различий в содержании гумуса между неорошаемой и выведенной из орошения почвами не наблюдалось.

Под влиянием орошения чернозема обыкновенного непригодной водой, происходит изменение его агрофизического состояния, проявляющееся в повышении плотности, коркообразовании, уменьшении количества агрономически ценных агрегатов, изменении гранулометрического и микроагрегатного состава [9, 10]. Нашими исследованиями на Марьинском стационаре № 1 (АФ им. Горького) установлено [9, 10], что под влиянием длительного орошения (около 50 лет) в почве произошли изменения гранулометрического состава, направленные в сторону его утяжеления – с тяжелосуглинистого до легкосуглинистого, в результате увеличения содержания физической глины с 56–59% до 65–67%. Причиной этого является развитие процессов внутрпочвенного оглинивания или выветривания, вызывающих разрушение крупных частиц первичных минералов (песок, средний и крупный пыль) и превращение их в мелкую пыль и ил. Фактор дисперсности по Качинскому, характеризующий степень разрушения микроагрегатов, при орошении непригодными водами увеличился с 7,4 (неорошаемая почва) до 12,3, что свидетельствует

об уменьшении устойчивости микроструктуры чернозема обыкновенного. Фактор структурности по Фегеляру, который определяет водоустойчивость агрегатов, уменьшился с 93% до 88% в результате снижения содержания водоустойчивых агрегатов.

Изучение гранулометрического состава чернозема обыкновенного, выведенного из орошения, свидетельствует о развитии процессов ренатурализации свойств почвы (табл. 2). Исходная неорошаемая почва характеризовалась как легкоглинистая крупнопылевато-илистая. В пахотном слое преобладают фракция ила (<0,001 мм) – 47,1% и крупной пыли (0,05–0,01 мм) – 22,3%. Содержание физической глины в слоях 0–25 и 25–50 см составляло 71–74%.

Таблица 2

Гранулометрический состав неорошаемого и выведенного из орошения чернозема обыкновенного, 2012 г.

Глубина, см	1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,01 мм	0,01–0,005 мм	0,005–0,001 мм	<0,001 мм	Физическая глина, %
<i>Неорошаемая почва</i>							
0–25	2,18	1,76	22,29	11,12	15,59	47,06	73,8
25–50	2,56	1,56	22,37	10,06	14,25	46,71	71,0
<i>Выведенная из орошения почва, 16 лет</i>							
0–25	2,00	0,95	19,69	9,50	16,10	51,80	77,4
25–50	2,28	0,64	20,33	10,59	15,91	48,94	75,4

Выведенная из орошения почва (16 лет) характеризовалась более тяжелым гранулометрическим составом – среднеглинистым с содержанием физической глины в полутораметровом слое на уровне 75–77%. Данная почва в сравнении с богарной отличалась более высоким содержанием гранулометрических фракций мелкой пыли (16%) и ила (49–52%). Количество крупной пыли и песка, уменьшившееся в результате диспергации, так и оставалось по абсолютным значениям ниже, чем в исходной почве. Таким образом, 16-летнего периода богарного использования недостаточно для изменения гранулометрического состава чернозема обыкновенного до показателей богарной почвы, что свидетельствует о медленной обратимости данного процесса и слабой ренатурализации.

Определение микроагрегатного состава чернозема обыкновенного показало, что в результате длительного орошения произошло разрушение микроструктуры, что сопровождается увеличением количества активного ила. Расчет значений фактора дисперсности по Н.А. Качинскому (К) и фактора структурности по Фегеляру (Кс) позволяют судить об устойчивости микроструктуры и водоустойчивости агрегатов данной почвы (табл. 3). Орошение привело к разрушению микроструктуры, о чем свидетельствует более высокое значение фактора дисперсности – 9,6% (в богарной почве – 6,8%). По мнению [11] обесструктуривание почв может быть констатировано при значении данного показателя на уровне 8–10 и выше. Орошение также явилось причиной ухудшения водоустойчивости агрегатов, о чем можно судить по снижению фактора структурности по Фегеляру. За 16-летний период богарного землепользования этот показатель возрос до 90,4%, но так и не достиг уровня богарной почвы (93,2%).

**Относительные показатели оценки гранулометрического
и микроагрегатного состава чернозема обыкновенного**

Неорошаемая почва		Выведенная из орошения почва, 16 лет	
Фактор дисперсности по Качинскому (K)	Фактор структурности по Фегеляру (Kс)	Фактор дисперсности по Качинскому (K)	Фактор структурности по Фегеляру (Kс)
6,8	93,2	9,6	90,4

Орошение является одним из факторов, который изменяет ландшафтно-геохимическую ситуацию и усиливает экологические риски, особенно при использовании загрязненных вод. Изучение глубокопрофильного распределения подвижных форм металлов, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH=4,8, показало, что неорошаемая почва характеризуется более низким уровнем общего их содержания по сравнению с выведенной из орошения почвой (6 лет). Горизонт аккумуляции металлов формируется на глубине 75–125 см (рис. 3).

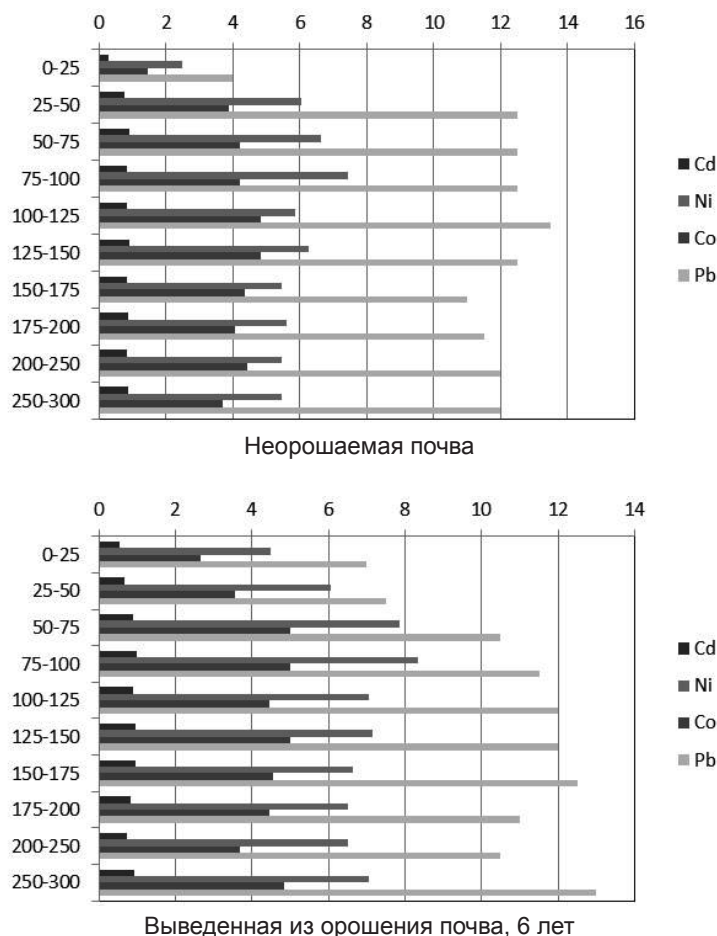


Рис. 3. Распределение подвижных форм тяжелых металлов в профиле неорошаемого и выведенного из орошения чернозема обыкновенного

В выведенной из орошения почве за счет дополнительного поступления с оросительной водой содержание подвижных форм свинца, кадмия, никеля и кобальта в верхнем 0–25 см слое выше в 1,75–1,83 раза в сравнении с богарной почвой. Под влиянием нисходящих потоков воды они мигрируют вглубь по профилю чернозема обыкновенного с максимальной аккумуляцией в слое 150–175 см. Так, в данной почве концентрация кадмия в 3-метровом профиле почвы варьировала в пределах 0,55–1,00 мг/кг, что выше фонового значения в 5–10 раз, свинца – 7,0–13,0 мг/кг (в 14–26 раз выше фона и в 1,2–2,2 раза выше предельно допустимой концентрации (ПДК), кобальта – 2,7–5,0 мг/кг (в 5,4–10 раз выше фона), никеля – 4,5–8,4 мг/кг (в 4,5–8,4 раза выше фона и в 1,1–2,1 раза выше ПДК). Превышение фона и ПДК по ряду металлов свидетельствует об опасности загрязнения ими выращиваемой сельскохозяйственной продукции и требует применения приемов по детоксикации почв и регулирования поступления токсикантов в растения. Таким образом, 6-летнего периода было недостаточно для того, чтобы содержание подвижных форм металлов уменьшилось до уровня неорошаемой почвы.

С увеличением постирригационного периода из-за отсутствия дополнительного источника поступления металлов отмечается дальнейшая тенденция уменьшения их общего содержания и на 16 год постирригационного периода концентрация их стабилизируется до уровня неорошаемой почвы.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что под влиянием длительного орошения чернозема обыкновенного непригодной по агрономическим и экологическим критериям водой изменяется ландшафтно-геохимическая обстановка, направленность почвенных процессов, режимов и эволюция почвы в целом. В новых почвенно-экологических условиях происходят качественные и количественные изменения состава водорастворимых солей, почвенного поглощающего комплекса, что приводит к развитию процессов засоления, осолонцевания. Эволюция почв направлена в сторону трансформации содержания гранулометрических фракций, что привело к увеличению количества физической глины и утяжелению гранулометрического состава. В результате поливов непригодной по содержанию тяжелых металлов водой и улучшения водного режима увеличилось содержание их подвижных форм, которое превышало фоновый уровень по отдельным элементам в 5–26 раз, что создает угрозу загрязнения сельскохозяйственной продукции.

2. Прекращение орошения и переход на богарное земледелие приводит к новым изменениям ландшафтно-экологической ситуации и условий почвообразования, а соответственно и эволюции черноземов обыкновенных в направлении их постепенной ренатурализации до параметров неорошаемых аналогов. Исследованиями установлено, что происходит активизация процессов расселения, рассолонцевания почвенного профиля, при этом динамика и количественные характеристики восстановления физико-химических свойств зависят от постирригационного периода. 16-летнего пребывания чернозема обыкновенного без орошения было достаточно только для восстановления общего содержания водорастворимых солей в слое 0–25 см до уровня богарной почвы, а для качественного изменения

водорастворимых солей и количественного состава поглощенных катионов его было недостаточно. Скорость и интенсивность таких преобразований зависят от степени изменений, которым подвергся чернозем обыкновенный при орошении, а также от количества атмосферных осадков и продолжительности полиригационного периода.

3. 16-летнего периода богарного использования недостаточно для изменения гранулометрического состава чернозема обыкновенного до показателей богарной почвы, что свидетельствует о медленной обратимости данного процесса и слабой ренатурализации. Но в почве развиваются процессы, направленные на восстановление микроструктуры и повышение водоустойчивости агрегатов.

4. На 16-год последствия орошения достоверных различий в содержании подвижных форм азота, фосфора и калия между неорошаемой и выведенной из орошения почвами не наблюдалось. Данного периода было достаточно также для уменьшения количества подвижных форм тяжелых металлов до показателей неорошаемого аналога.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) – IPCC. – Geneva, Switzerland, 2007. – 104 p.

2. Опустелювання і посуха – проблеми глобального масштабу (Екоблог) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.newecolife.com.ua/news/171-opustelyuvannya-posuha-problemi-globalnogo-masshtabu.html>

3. Bagherzadeh A., Paymard P.: Assessment of land capability for different irrigation systems by parametric and fuzzy approaches in the Mashhad Plain, northeast Iran /- Soil & Water Res., 10 (2015): 90–98

4. Концепція відновлення та розвитку зрошення у Південному регіоні України; за ред. М.І. Ромащенко. – К., 2014. – 27 с.

5. *Ромащенко, М.І.* Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні / М.І. Ромащенко. – К.: Аграрна наука, 2012. – 27 с.

6. Наукові основи охорони і раціонального використання зрошуваних земель України; за ред. В.А. Сташука, С.А. Балюка, М.І. Ромащенко. – К.: Аграрна наука, 2009. – 624 с.

7. *Воротинцева, Л.І.* Направленість ґрунтових процесів і режимів в чорноземах звичайних Північного Степу за зрошення та вилучення зі зрошення / Л.І. Воротинцева // Вісник ХНАУ. Серія «ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». – 2015. – № 2. – С. 10–17.

8. Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України: ВНД 33–5.5–11–02. – К.: Держводгосп України, 2002. – 40 с.

9. *Воротинцева, Л.І.* Трансформація властивостей чорнозему звичайного за зрошення водами різної якості / Л.І. Воротинцева // Вісник аграрної науки. – 2016. – № 1. – С. 56–60.

10. *Найдьонова, О.Є.* Агрогенна трансформація чорнозему звичайного за довготривалого зрошення мінералізованими водами / О.Є. Найдьонова, Л.І. Воротинцева // Агроекологічний журнал. – № 2. – 2015. – С.47–53.

11. *Медведев, В.В.* Типологія і оцінка небезпечних явищ у ґрунтовому покриві України / В.В. Медведев, Т.М. Лактіонова, Л.Д. Греков // Ґрунтознавство. – Т.5. – 2004. – № 3–4. – С. 13–23.

FEATURES OF SOIL FORMATION OF CHERNOZEM ORDINARY IN THE POST IRRIGATION PERIOD

L.I. Vorotyntseva

Summary

The results of long-term studies of the soil processes orientation and Pedogenesis of chernozem ordinary in the conditions of the 30-year period of the irrigation by unsuitable waters and after its termination (6, 9 and 16 years) are shown. In postirrigation period in the conditions of boharic land use the gradual renaturalisation of the soil properties to the parameters of boharic soil was established. The soil processes are characterized by different speeds of reversibility and are directed towards the improvement of the chernozem ordinary properties.

Поступила 04.04.16

УДК 631.4:549.905.8

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ НИЗОВЬЯ ДНЕСТРА И СТАГНИКОВОГО ЧЕРНОЗЕМА НА ВОДОРАЗДЕЛЕ СЕВЕРНОЙ МОЛДОВЫ

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, Г.Г. Стегэреску, А.Н. Бургеля

*Институт Почвоведения, Агрохимии и Защиты почв им. Н.А. Димо,
г. Кишинев, Молдова*

ВВЕДЕНИЕ

Минералогические исследования аллювиальных почв Молдовы проводились и ранее [1–5], однако они заслуживают более пристального внимания. В настоящее время установлено, что качественный состав первичных и глинистых минералов в аллювиальных почвах не имеет существенных отличий от такового зональных почв [5]. Особенности минералогии аллювиальных почв лучше изучены в низовьях хорошо развитой поймы Днестра близ населенных пунктов Пуркары – Оланешты – Паланка на примере трех их подтипов: луговой слоистой, приуроченной к высокому прирусловому валу; луговой остепняющейся – в центральной пойме и иловато-болотной в ее низкой притеррасной части. Установлено, что первая характеризуется легким гранулометрическим составом и отчетливо выраженной слоистостью. В луговой остепняющейся и иловато-болотной почвах, по мере удаления от русла реки к притеррасной части поймы (расстояние 1–2 км), слоистость становится все менее выраженной, а гранулометрический состав утяжеляется от

супесчано-суглинистого до средней и тяжелой глины. Наиболее характерные изменения в минералогическом составе этих почв в указанном направлении сопровождаются утратой кварца и полевых шпатов, увеличением содержания слюд и практически всех глинистых минералов, но прежде всего смектита и иллита [5].

В данном сообщении внимание будет сосредоточено на сравнительном анализе минералогического состояния аллювиальной лугово-болотной тяжелоглинистой почвы из притеррасной части поймы Днестра и стагникового чернозема, представителя также тяжелых глинистых почв, присутствующих на водоразделах северной Молдовы [6]. Минералогические исследования стагниковых черноземов ранее проводились [7]. Основанием для сравнения послужили следующие обстоятельства. Регрессия Среднесарматского моря по всей территории Молдовы завершалась аллювиально-озерно-дельтово-лиманным осадкообразованием [8–10]. К тому же известно, что данный регион не подвергался оледенению, т.е. его почвенный покров не уничтожался. В этой связи в северной части Молдовы на самых высоких отметках платообразных водоразделов фрагментарно сохранились остатки позднеплиоценовой поверхности выравнивания [11–13], к тяжелым аллювиальным отложениям которых привязаны упомянутые стагниковые черноземы. Общим для современных аллювиальных глинистых почв и стагниковых черноземов является то, что последние также сформировались на аллювиальных отложениях, но на отложениях древнего происхождения. Возраст этих пород и почв измеряется временем более одного миллиона лет. В результате тектонического поднятия территории в плейстоцене они заняли свойственные им сегодня абсолютные отметки, превышающие 200 м. Учитывая, что за столь продолжительное время менялись климат и условия почвообразования, стагниковые черноземы не всегда были черноземами. На этом основании их следует рассматривать как почвы полигенетические

Цель исследования заключается в сравнении минералогии современной тяжелой аллювиальной почвы с минералогией древней почвы близкого генезиса в том отношении, имеются ли между ними различия и, если имеются, то какую роль во всем этом могло сыграть время.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования со стороны современной аллювиальной почвы послужила лугово-болотная тяжелоглинистая притеррасной части поймы Днестра, осушенная и более 30 лет орошаемая водами из реки. Представлена она разрезом А1 возле с. Копанка Каушанского района. Чернозем стагниковый тяжелоглинистый представлен разрезом 6s из северной части Молдовы, заложенным на водоразделе близ с. Ордэшей Теленештского р-на, абсолютная высота 240 м. Образцы для анализов взяты из средней части горизонтов. По приведенным ниже свойствам (табл. 1) исследуемые почвы близки. Это проявляется в одинаково высоком содержании фракции глины размера $< 0,001$ мм (50–70%) и по показателям рН на всю глубину профиля (7,7–8,1). В стагниковом черноземе значительно выше содержание карбонатов, что объяснимо привязкой этого типа почв к выходам среднесарматских известняков. В нем также выше содержание гумуса, что может быть обусловлено его более древним происхождением. Обе почвы характеризуются оглеенностью нижней части профиля.

Свойства исследуемых почв

Горизонт	Мощность горизонта, см	Фракция < 0,001 мм (безгумусная, бескарбонатная), %	pH	Карбонаты, %	Гумус, %
Разрез А1. Аллювиальная лугово-болотная осушенная, притеррасная пойма Днестра, с. Копанка Каушанский р-н					
Ahp1	0–20	51,4	7,9	1,6	2,8
Ah	38–57	64,9	8,1	4,7	2,4
Abhg2	80–95	62,1	8,1	1,4	2,7
G3	180–200	61,3	7,9	0,8	1,0
Разрез 6s, Чернозем стагниковый, с. Ордэшей Теленештский р-н, водораздел, абс. выс. 240 м					
Ap	0–35	61,6	7,6	6,6	4,5
Ah	35–47	57,4	7,8	6,4	3,7
ABh	47–65	58,6	7,9	8,8	3,2
BG	83–100	72,2	8,0	13,5	1,3
Cg	115–140	67,6	7,7	1,6	0,5

В названных почвах изучен состав первичных и глинистых минералов: первые – во фракции >1мкм, вторые – во фракции <1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено по методике [14]. Органическое вещество перед фракционированием образцов удаляли. Качественный состав первичных и глинистых минералов установлен методом рентгеновской дифрактометрии по известным рекомендациям [15, 16]. Количественный анализ проведен по методикам [17–19]. 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 [5]. Все расчеты произведены на минеральную бескарбонатную и безгумусную часть фракций и почвы.

Оценка распределения минералов по профилю почв проведена с помощью 10 показателей (K1, K2, K3, K4, ПИИС, ПНИС, ПИКС, ПНКС, ПИКИ, ПНКИ). Эта система показателей разработана для степных и лесостепных черноземов [19] и предназначена выявлять степень влияния процессов педогенеза на их минералогический состав. Обязательным условием ее применения является исходная однородность почвообразующих пород исследуемых почв. Черноземы не всегда, но в большой степени отвечают этому требованию. Этого нельзя сказать в отношении аллювиальных почв, одним из признаков которых является в той или иной степени выраженная слоистость. Поэтому использовать указанную систему показателей для оценки размеров выветривания минералов в этих почвах не представляется возможным. Но она удобна в том, что особенно рельефно выявляет наличие слоистости даже тогда, когда та носит скрытый характер. В пределах однородных слоев система позволяет, по-видимому, диагностировать изменения, обусловленные и процессами выветривания. Помимо этого она лучше показывает в сравнении с прямыми данными содержания минералов общие элементы и различия в количественном соотношении тех или иных групп минералов. По этим причинам мы посчитали возможным применить данную систему

показателей и к диагностике аллювиальной почвы, а вместе с ней и генетически близкого стагникового чернозема.

В основе указанной системы 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. Поскольку содержание оценочных показателей уже дважды представлялось в журнале «Почвоведение и агрохимия» – № 1(50) за 2013 г. (стр. 43–44) и №1(52) за 2014 г. (стр. 67–68), то будет уместным сделать ссылку на прежние сообщения.

В связи с более сложной природой профилей аллювиальной почвы и стагникового чернозема в сравнении с зональными черноземами, 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 приведенных выше интегральных показателей. Вместе с этим были проведены балансовые расчеты минералов, что обычно делается для почв на однородных породах. В данном случае их можно назвать балансовыми в кавычках, но они позволяют еще раз рельефно продемонстрировать все проявления слоистого строения исследуемых почв и выявить некоторые другие особенности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Первичные минералы. Содержание первичных минералов в почве определяется содержанием фракции $> 1\text{ мкм}$. Использование термина «первичные минералы» пояснено в [19]. По содержанию данной фракции (табл. 2) исследуемые почвы близки (28–49%). Распределение ее по профилю почв определенной закономерности не обнаруживает. Представлена фракция кварцем, плагиоклазами, калиевыми полевыми шпатами, слюдами, хлоритом и глинистым минералом каолинитом. Количественно преобладает кварц (30–47%). Его содержание заметно выше в данной фракции стагникового чернозема (30–47 против 34–42% в аллювиальной почве). Содержание других минералов, исключая слюды, находится в пределах до 10%. Стагниковый чернозем отличается несколько повышенным содержанием в указанной фракции полевых шпатов и хлорита. Наиболее рельефно почвы различаются по содержанию слюд. Во-первых, их содержание одинаково высокое в обеих почвах (20–40%), во-вторых, более высоким содержанием слюд в исследуемой фракции характеризуется аллювиальная почва (30–40%). В пересчете на почву в целом данные по содержанию первичных минералов заметно выравниваются, исключая слюды, по которым различия только увеличиваются (10–16 в аллювиальной почве и 7–12% в стагниковом черноземе). В распределении первичных минералов по профилю почв следует отметить увеличение содержания к верхним горизонтам кварца. По остальным минералам определенной закономерности в изменении их содержания по профилю не обнаруживается.

Таблица 2

Содержание первичных минералов (%)

Горизонт	Мощность горизонта, см	Фракция >1 мкм, %	Фракция >1 мкм						Почва					
			Кварц	Плагиоклазы	Калишпаты	Слюды	Хлорит	Каолинит	Кварц	Плагиоклазы	Калишпаты	Слюды	Хлорит	Каолинит
Разрез А1. Аллювиальная лугово-болотная осушенная, притеррасная пойма Днестра, с. Копанка Каушанский р-н														
Ahp1	0-20	48,6	39,1	6,5	7,5	32,8	5,1	9,0	19,0	3,2	3,7	15,9	2,5	4,4
Ah	38-57	35,1	40,9	6,5	7,3	30,3	5,3	9,7	14,4	2,3	2,6	10,6	1,8	3,4
Abhg2	80-95	37,9	41,8	5,9	7,0	33,6	3,7	8,1	15,8	2,2	2,7	12,7	1,4	3,1
G3	180-200	38,7	34,5	4,8	5,8	40,7	4,3	9,8	13,3	1,9	2,3	15,8	1,7	3,8
Разрез 6s, Чернозем стагниковый, с. Ордэшей Теленештский р-н, водораздел, абс. выс. 240 м														
Ap	0-35	38,4	47	7,1	9,8	22,1	6,6	7,5	18,0	2,7	3,8	8,5	2,5	2,9
Ah	35-47	42,6	45	8,5	9,6	22,9	6,2	7,8	19,2	3,6	4,1	9,8	2,6	3,3
ABh	47-65	41,4	43,9	9,2	10,4	23,1	5,8	7,5	18,2	3,8	4,3	9,6	2,4	3,1
BG	83-100	27,8	47	6,7	7,9	24,2	5	9,2	13,1	1,9	2,2	6,7	1,4	2,6
Cg	115-140	32,4	30,5	6,6	8	37,5	7,3	10	9,9	2,1	2,6	12,2	2,4	3,2

Глинистые минералы. Глинистые минералы формируют фракцию менее <1 мкм. Ее содержание в исследуемых почвах не строго, но заметно увеличивается с глубиной и находится в пределах 50–70%. Представлена фракция на 40–70% смектитом, 20–43 – иллитом, 5–9 – хлоритом и на 5–9% – каолинитом. Фракция с глубиной обогащается смектитом, а к верхним горизонтам – иллитом и каолинитом. Хлорит ведет себя неопределенно (табл. 3). В пересчете на почву смектит составляет 27–43% , иллит – 12–31, хлорит – 2–6, каолинит – 2–6%. В отличие от аллювиальной почвы стагниковый чернозем содержит меньше смектита (27–34 против 30–43%), намного больше иллита (22–31 против 12–17%), а также больше хлорита и каолинита. В аллювиальной почве сильнее выражена обогащенность нижних горизонтов смектитом и хлоритом и верхних горизонтов иллитом и каолинитом, т.е. дифференцированность профиля в этой почве по названным минералам в сравнении со стагниковым черноземом заметно выше. Следует отметить, что вообще профиль стагникового чернозема слабо дифференцирован.

На основании проведенного анализа уже можно сделать некоторые заключения. Так следует отметить, что современная аллювиальная притеррасная почва и стагниковый чернозем на плиоценовой породе аллювиального происхождения близки по гранулометрическому составу и представляют собой тяжелые глинистые образования. Обе почвы в сравнении с зональными почвами отличаются высоким содержанием слюд. Качественный состав минералов в них одинаковый, но в количественном отношении имеются существенные различия. Здесь важно отметить тот феномен, что для аллювиальной почвы в сравнении со стагниковым

черноземом характерно высокое содержание слюд среди первичных минералов и пониженное содержание иллита, продукта деградации слюд, среди глинистых минералов. В стагниковом черноземе, напротив, при более низком содержании слюд в составе первичных минералов и смектита среди глинистых минералов наблюдается более высокое в сравнении с аллювиальной почвой содержание иллита, хлорита и каолинита. На основании чего можно заключить, что состав минералов более древней почвы со временем, по-видимому, трансформируется в направлении потери слюд и обогащения перечисленными выше глинистыми минералами, т.е. имеет место процесс оглинивания. Более детальная сравнительная характеристика полученных результатов будет дана ниже на основании показателей выветривания и почвообразования, а также расчетных данных «баланса» минералов.

Таблица 3

Содержание глинистых минералов (%)

Горизонт	Мощность горизонта, см	Фракция <1мкм	Фракция <1мкм				Почва			
			Смектит	Иллит	Хлорит	Каолинит	Смектит	Иллит	Хлорит	Каолинит
Разрез А1. Аллювиальная лугово-болотная осушенная, притеррасная пойма Днестра, с. Копанка Каушанский р-н										
Ahp1	0–20	51,4	60,9	25,7	4,8	8,6	31,3	13,2	2,5	4,4
Ah	38–57	64,9	60,8	26,4	6,1	6,7	39,5	17,1	4,0	4,4
Abhg2	80–95	62,1	67,7	22,5	5,0	4,8	42,1	14,0	3,1	3,0
G3	180–200	61,3	70,2	19,6	6,6	3,7	43,0	12,0	4,0	2,3
Разрез 6s, Чернозем стагниковый, с. Ордэшей Теленештский р-н, водораздел, абс. выс. 240 м										
Ap	0–35	61,6	44,5	38,1	8,3	9,1	27,4	23,5	5,1	5,6
Ah	35–47	57,4	50,4	35,2	8,4	5,9	28,9	20,2	4,8	3,4
ABh	47–65	58,6	48,2	34,1	9,2	8,6	28,3	20,0	5,4	5,0
BG	83–100	72,2	41,4	43,2	7,5	7,9	29,9	31,2	5,4	5,7
Cg	115–140	67,6	51,0	33,0	8,2	7,8	34,5	22,3	5,5	5,3

Параметры минералогического состояния силикатной части исследуемых почв интегрально представлены в таблице 4. Показатели К1–К3 контролируют поведение первичных минералов по профилю по отношению к устойчивому кварцу. По полевым шпатам (К1), слоистым силикатам (К2), тем и другим вместе (К3) в аллювиальной почве со всей очевидностью прослеживается вверх по профилю, начиная с горизонта ABhg2, нарастание инородного материала. На это указывает скачок относительного содержания кварца в горизонте ABhg2 и последующее снижение значений соответствующих показателей, что указывает на увеличение вверх по профилю по отношению к кварцу содержания полевых шпатов и слоистых силикатов. Вместе с тем весь данный инородный материал обогащен кварцем. В стагниковом черноземе картина иная. Здесь инородным слоем выступает горизонт BG, поскольку все его значения показателей К1–К3

выпадают из общей последовательности изменений их по профилю. Выше него названные показатели вверх по профилю последовательно увеличиваются, что дает основание считать эту толщу почвы изначально относительно однородной по составу первичных минералов, но в которой произошли процессы выветривания и относительно увеличилось содержание кварца. По показателю K4 профиль аллювиальной почвы характеризуется переменным содержанием глинистой фракции, что также можно считать проявлением ее слоистого строения. Тот же показатель в стагниковом черноземе свидетельствует о снижении глинистости вверх по профилю со слабыми проявлениями слоистости почвы. ПИИС отражает соотношение в почвах между иллитом и смектитом. Его значения отчетливо указывают на то, что ил стагникового чернозема практически вдвое богаче иллитом, чем ил в аллювиальной почве. Особенно много иллита содержит горизонт BG (ПИИС более 10). Связано ли это с гидроморфизмом, вопрос остается открытым. В распределении по профилю иллита и смектита в исследуемых почвах присутствует общий элемент: в обеих почвах содержание иллита увеличивается к верхним горизонтам, что может быть обусловлено как процессом выветривания (потеря смектита и относительное накопление иллита), так и с биогенным поведением калия, фиксируемым высокозарядным смектитом с образованием иллитоподобной структуры. Оба явления свойственны и зональным почвам, что можно рассматривать как определенное родство с ними. Соотношение кварц-смектит (ПИКС) в обеих почвах показывает близкие значения и указывает на значительное обогащение нижних горизонтов почв смектитом, что также свойственно зональным почвам. О том же свидетельствует показатель ПНКС. Соотношение кварц-иллит (ПИКИ) показывает более высокую обогащенность стагникового чернозема в сравнении с аллювиальной почвой иллитом, которая (обогащенность) неравномерно (влияние слоистости) увеличивается в обеих почвах к верхним горизонтам. Об этом еще нагляднее можно судить по поведению ПНКИ.

Таблица 4

Параметры минералогического состояния силикатной части почв

Горизонт	K1	K2	K3	K4	ПИИС	ПНИС	ПИКС	ПНКС	ПИКИ	ПНКИ
Разрез А1. Аллювиальная лугово-болотная осушенная, притеррасная пойма Днестра, с. Копанка Каушанский р-н										
Ahp1	0,86	1,32	1,22	1,70	4,22	1,43	0,61	0,30	1,44	0,33
Ah	0,91	1,43	1,31	1,02	4,34	1,55	0,36	0,05	0,84	-0,27
ABhg2	1,00	1,46	1,36	1,17	3,32	0,53	0,38	0,07	1,13	0,02
G3	1,00	1,00	1,00	1,00	2,79	0,00	0,31	0,00	1,11	0,00
Разрез 6s, Чернозем стагниковый, с. Ордэшей Теленештский р-н, водораздел, абс. выс. 240 м										
Ap	1,33	2,33	2,01	2,01	8,56	2,09	0,66	0,37	0,77	0,33
Ah	1,19	2,19	1,86	2,29	6,98	0,51	0,66	0,38	0,95	0,51
ABh	1,07	2,17	1,78	2,12	7,07	0,60	0,64	0,36	0,91	0,47
BG	1,54	2,20	2,02	1,24	10,43	3,96	0,44	0,15	0,42	-0,02
Cg	1,00	1,00	1,00	1,00	6,47	0,00	0,29	0,00	0,44	0,00

Таблица 5

«Баланс» первичных минералов силикатной части почв

Горизонт	Мощность горизонта, 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 А1. Аллювиальная луговая глинистая притеррасной поймы Днестра, с. Коланка																						
Ahp1	0–20	19,0	3,2	3,7	15,9	2,5	4,4	48,6	13,4	2,2	2,6	11,2	1,7	3,1	34,1	0,0	0,4	0,3	–4,6	0,1	–0,7	–4,5
Ah	38–57	14,4	2,3	2,6	10,6	1,8	3,4	35,1	13,4	2,1	2,4	9,9	1,7	3,2	32,6	0,0	0,3	0,1	–5,9	0,1	–0,6	–6,0
ABhg2	80–95	15,8	2,2	2,7	12,7	1,4	3,1	37,9	13,4	1,9	2,2	10,7	1,2	2,6	32,0	0,0	0,0	0,0	–5,0	–0,5	–1,2	–6,7
G3	180–200	13,3	1,9	2,3	15,8	1,7	3,8	38,7	13,4	1,9	2,2	15,8	1,7	3,8	38,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 6с, Чернозем стагтиктовый, с. Ордэшей Тепенештский р-н, водораздел, абс. выс. 240 м																						
Ap	0–35	18,0	2,7	3,8	8,5	2,5	2,9	38,4	9,9	1,5	2,1	4,6	1,4	1,6	21,0	0,0	–0,6	–0,5	–7,5	–1,0	–1,7	–11,3
Ah	35–47	19,2	3,6	4,1	9,8	2,6	3,3	42,6	9,9	1,9	2,1	5,0	1,4	1,7	22,0	0,0	–0,3	–0,5	–7,1	–1,0	–1,5	–10,4
ABh	47–65	18,2	3,8	4,3	9,6	2,4	3,1	41,4	9,9	2,1	2,3	5,2	1,3	1,7	22,5	0,0	–0,1	–0,3	–7,0	–1,1	–1,6	–9,9
BG	83–100	13,1	1,9	2,2	6,7	1,4	2,6	27,8	9,9	1,4	1,7	5,1	1,1	1,9	21,0	0,0	–0,7	–0,9	–7,1	–1,3	–1,3	–11,3
Cg	115–140	9,9	2,1	2,6	12,2	2,4	3,2	32,4	9,9	2,1	2,6	12,2	2,4	3,2	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Примечание к табл. 5, 6: 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 – смектит; И – иллит; Бпм – баланс первичных минералов; Бгм – баланс глинистых минералов; Бо – общий баланс минералов.

Таблица 6

«Баланс» глинистых и общих «баланс» минералов силикатной части почв

Горизонт	Мощность горизонта, см	Весовой % в почве					Мгп, кг/100 кг породы					Мд, кг/100 кг породы					Баланс минералов		
		СМ	И	Х	КП	Фракция <1 мкм	СМ	И	Х	КП	Сумма	СМ	И	Х	КП	Бгм	Бпм	Бог	
Разрез А1. Аллювиальная луговая глинистая притеррасной поймы Днестра, с. Копанка																			
Ahp1	0–20	31,3	13,2	2,5	4,4	51,4	22,0	9,3	1,7	3,1	36,1	-21,0	-2,7	-2,3	0,8	-25,2	-4,5	-25,2	-29,8
Ah	38–57	39,5	17,1	4,0	4,4	64,9	36,7	15,9	3,7	4,0	60,4	-6,3	3,9	-0,4	1,8	-1,0	-6,0	-1,0	-7,0
ABhg2	80–95	42,1	14,0	3,1	3,0	62,1	35,4	11,8	2,6	2,5	52,3	-7,6	-0,2	-1,4	0,2	-9,0	-6,7	-9,0	-15,7
G3	180–200	43,0	12,0	4,0	2,3	61,3	43,0	12,0	4,0	2,3	61,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Разрез 6s, Чернозем стагниковый, с. Ордэшей Теленештский р-н, водораздел, абс. выс. 240 м																			
Ap	0–35	27,4	23,5	2,1	5,6	61,6	15,0	12,8	2,8	3,1	33,7	-19,5	-9,5	-2,7	-2,2	-33,9	-11,3	-33,9	-45,2
Ah	35–47	28,9	20,2	4,8	3,4	57,3	14,9	10,4	2,5	1,7	29,6	-19,6	-11,9	-3,1	-3,5	-38,1	-10,4	-38,1	-48,5
ABh	47–65	28,3	20,0	5,4	5,0	58,7	15,4	10,9	2,9	2,7	31,9	-19,1	-11,4	-2,6	-2,5	-35,7	-9,9	-35,7	-45,6
BG	83–100	29,9	31,2	5,4	5,7	72,2	22,6	23,6	4,1	4,3	54,6	-11,9	1,3	-1,5	-1,0	-13,0	-11,3	-13,0	-24,4
Cg	115–140	34,5	22,3	5,5	5,3	67,6	34,5	22,3	5,5	5,3	67,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Здесь уместно затронуть вопрос выветривания алюмосиликатов исследуемых почв в присутствии карбонатов. Из классической теории выветривания минералов следует, что выветривание алюмосиликатов может происходить только после разрушения и выноса карбонатов. Наш опыт изучения автоморфных почв показал, что выветривание алюмосиликатов имеет место и при наличии карбонатов. К этому можно добавить, что Педро [20] в экспериментах по искусственному выветриванию наблюдал разрушение алюмосиликатов (иллита) в присутствии кальция. Можно прибегнуть к предположению, что выветривание алюмосиликатов в изучаемых почвах произошло в период отсутствия в них карбонатов, но такое предположение к этим почвам трудно приложимо. Так что в дальнейшем изменения в содержании минералов в исследуемых почвах будем объяснять не только неоднородностью породы, но и процессом их выветривания.

Дополнительную полезную информацию о минералогическом состоянии исследуемых почв можно получить на основании балансовых расчетов (табл. 5, 6). Напомним, что такого рода исследования применимы для почв с исходными однородными породами. Но мы посчитали возможным использовать данный прием и по отношению к заведомо слоистым почвам, что позволило установить некоторые особенности этой группы почв, которые другими способами выявить невозможно. В частности, в каком направлении происходит прибавка или потеря тех или иных минералов, в какой степени проявление неоднородности породы трансформирует минералогический профиль почвы, имеются ли признаки влияния на минералогический профиль процессов выветривания. Представленные таблицы расчетов состоят из трех основных частей: первая – содержание минералов в почве, вторая – то же самое, но приведенное к содержанию кварца в породе (нижнем горизонте), третья – разница в содержании минералов (баланс) между породой (нижним горизонтом) и другими горизонтами. В таблице 6 кроме того присутствует раздел, в котором представлен общий баланс по первичным и глинистым минералам. В связи с высказанными ранее пояснениями термин «баланс» в названии таблиц и в тексте нами заключен в кавычки.

На основании данных «баланса» первичных минералов (табл. 5) в аллювиальной почве следует отметить, что неоднородность силикатной части в ней проявляется в незначительном (0,1–0,4 кг/100 кг породы) повышении вверх по профилю содержания полевых шпатов и хлорита и резкой потере слюд (5–6 кг/100 кг породы) и каолинита (0,6–1,2 кг/100 кг породы). Общая потеря минералов составила 4–7 кг/100 кг породы. Проявлением неоднородности почвы является также то, что потеря минералов возрастает вниз по профилю. При выветривании минералов она должна снижаться. В стагниковом черноземе картина иная. В нем по первичным минералам отмечается только отрицательный «баланс», измеряемый по разным минералам в 0,1–7,5 кг/100 кг породы. Общая потеря минералов составила 10–11 кг/100 кг породы, что существенно больше, чем в аллювиальной почве. Здесь потеря первичных минералов также сформировалась главным образом за счет слюд (7–7,5 кг/100 кг породы), но в ней поучаствовали и другие слоистые силикаты, а вместе с ними и полевые шпаты. Наибольшие потери минералов отмечаются в глубинном горизонте ВГ, что, вероятнее всего, следует связывать с проявлением неоднородности породы. Мог ли здесь какую-то роль сыграть глеевый процесс, остается неясным. Выше этого горизонта потери главных минералов к поверхности почвы увеличиваются, что не исключает влияния на это процессов выветривания.

Таким образом, можно констатировать, что по «балансу» первичных минералов аллювиальная почва и стагниковый чернозем несут признаки неоднородности породы, которые в большей степени проявились в аллювиальной почве. Почти по всем минералам в верхней части исследуемых почв отмечается их отрицательный «баланс». Он наиболее высок в стагниковом черноземе (10–11 против 5–7 кг/100 кг в аллювиальной почве). В «балансе» заметно участие неоднородности породы, но нельзя исключать и влияние, даже определяющее, процесса выветривания, который оставил след в обеих почвах, но более глубокий в древнем стагниковом черноземе. Основные потери первичных минералов связаны со слоистыми силикатами, а среди них прежде всего со слюдами.

Аналогичный «баланс» по глинистым минералам (табл. 6) обнаруживает следующее. В аллювиальной почве исключительно высокая «потеря» смектита (21 кг/100 кг породы) наблюдается в самом верхнем горизонте Ahp1. Ниже по профилю она резко снижается до 6–8 кг/100 кг. По другим глинистым минералам в этой почве «баланс» носит хаотичный характер. По иллиту видны положительные и отрицательные значения, по хлориту только отрицательные, а по каолиниту только положительные показатели. Но все они укладываются в пределах 0,2–4 кг/100 кг породы. Суммарный «баланс» по профилю отрицательный и также носит хаотичный характер: от 25 кг/100 кг породы в верхнем горизонте до 1 кг/100 кг породы на глубине полуметра и 9 кг на глубине 80–95 см. В стагниковом черноземе данные существенно иные. Здесь также максимальные «потери» принадлежат смектиту (до 12–19 кг/100 кг породы). Они сосредоточены в верхней половине профиля. Вместе с тем в стагниковом черноземе высоки «потери» по иллиту (9–12 кг/100 кг породы), хлориту и каолиниту (1–3,5 кг/100 кг породы). Суммарный отрицательный «баланс» составил 13–38 кг/100 кг породы, что практически вдвое выше такового в аллювиальной почве. Общий отрицательный «баланс» по первичным и глинистым минералам в аллювиальной почве оказался равным 7–30 кг/100 кг породы и распределенным по профилю скачкообразно в силу выраженной слоистости породы. В стагниковом черноземе он также отрицательный и составил 24–48 кг/100 кг породы, т.е. предстал более чем в полтора раза более высоким, чем в аллювиальной почве. Равно высокие (45–48 кг/100 кг породы) «потери» минералов в стагниковом черноземе наблюдаются на значительную глубину (до 65 см), как и резкое снижение их (до 24 кг/100 кг породы) в ниже лежащем слое следует связывать также с проявлением неоднородности породы. Вместе с тем, при наличии очевидных признаков неоднородности пород, в обеих исследуемых почвах отрицательный «баланс» минералов нельзя полностью объяснить только неоднородностью пород. В отрицательном «балансе» минералов в обеих почвах не мог не принять участие процесс их выветривания, и, судя по полученным результатам, он существенно большее воздействие оказал на минеральную часть древнего стагникового чернозема, чем на таковую более молодой аллювиальной почвы.

ВЫВОДЫ

1. Проведено сравнительное исследование минералогического состояния генетически близких, но разных по возрасту современной аллювиальной глинистой почвы притеррасной поймы Днестра и стагникового чернозема на позднеп-

лиоцевого возраста глинистой породе аллювиального происхождения на одном из водоразделов северной Молдовы. Установлены идентичность качественного состава первичных и глинистых минералов и наличие в обеих почвах неоднородности (слоистости) породы, которая в аллювиальной почве получила более выраженное проявление. Последнее может указывать на то, что позднеплиоценовое аллювиальное осадкообразование происходило в более спокойной обстановке, чем в современной притеррасной пойме.

2. Обе почвы в сравнении с зональными почвами отличает высокое содержание слюд, что следует рассматривать как специфический признак вообще тяжелых пород аллювиального происхождения. Установлены признаки того, что состав минералов более древней почвы со временем трансформируется через диспергацию и деградацию первичных слоистых силикатов в направлении обогащения продуктами их разрушения глинистой части почвы, т.е., предположительно, сопровождается процессом оглинивания.

3. «Баланс» первичных и глинистых минералов в аллювиальной почве и стагниковом черноземе рельефно демонстрирует наличие в них неоднородности породы, что в большей степени присуще аллювиальной почве. В верхней части исследуемых почв по обеим группам минералов обнаруживается весьма значительный отрицательный «баланс». Он особенно велик в стагниковом черноземе. Высказано предположение, что в данном отрицательном «балансе» приняла участие не только неоднородность породы, но и процесс выветривания минералов. Последний оставил свой след в обеих почвах, но более глубокий в древнем стагниковом черноземе. Основные потери минералов связаны со слюдами, смектитом и иллитом.

4. Однотипность качественного состава первичных и глинистых минералов в исследуемых почвах свидетельствует об одних и тех же источниках питания минеральным материалом при формировании почвообразующих пород этих почв. Большая разница в возрасте исследуемых почв не привела к столь же большим различиям в их минералогии, как можно было бы ожидать. Различия в минералогии исследуемых почв, как представляется, обусловлены более глубоким процессом выветривания минеральной части стагникового чернозема, сопровождаемым в нем проявлениями оглинивания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воробьев, В.Д.* Минералогический состав илистой фракции некоторых луговых почв поймы Днестра / В.Д. Воробьев // Тр. Киш. с.-х. ин-та, 1974. – Т. 129. – С. 24–28.

2. *Алексеев, В.Е.* Минералогический состав почв поймы Днестра и его происхождение / В.Е. Алексеев, К.Г. Арапу // Тез. докл. научн. конф. «Почвы речных долин и дельт, их рац. исполъз. и охрана». – М.: Изд-во МГУ, 1984. – С. 53.

3. Почвы Молдавии. Генезис, экология, классификация и систематическое описание почв. – Кишинев: Штиинца, 1984. – Т. 1. – 352 с.

4. Слитые почвы Молдавии. Кишинев. – Штиинца, 1990. – 168 с.

5. *Алексеев, В.Е.* Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241 с.

6. *Чербарь, В. В.* Черноземы стагниковые – результат сочетания современного и реликтового процессов почвообразования // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №1 (38). – С. 37–46.
7. *Алексеев, В.Е.* Особенности минералогического состава стагниковых черноземов / В.Е. Алексеев [и др.] // Почвоведение и агрохимия. –2009. – № 1(42). – С. 47–57.
8. Палеогеография Молдавии. – Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1965. – 146 с.
9. Геоморфология Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1978. –188 с.
10. Билинкис, Г.М. Геодинамика крайнего юго-запада Восточно-Европейской платформы в эпоху морфогенеза / Г.М. Билинкис. – Кишинев: Бизнес-элитэ, Lextoria, 2004. – 84 с.
11. Атлас Молдавской ССР. – М., 1978. – 131 с.
12. Геоморфология Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1978. – 188 с.
13. *Покатилов, В.П.* Геолого-литологические структурно-геологические факторы, определяющие инженерно-геологические условия Северной Молдавии / В.П. Покатилов // Геология четвертичных отложений Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1983. – С. 89–100.
14. *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.
15. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / под ред. Г. Брауна. – М.: Мир, 1965. – 599 с.
16. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / под ред. В.С. Власова [и др.]. – Л.: Недра, 1983. – 359 с.
17. *Алексеев, В.Е.* Способ количественного определения первичных минералов в почвах и породах методом рентгеновской дифрактометрии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 1994. – №1. – С. 104–109.
18. Глинистые минералы в лесных почвах Молдавии / В.Е. Алексеев [и др.] // Генезис и рациональное использование почв Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1977. – С. 23–41.
19. *Алексеев, В.Е.* Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 189–199.
20. *Pedro, G.* Contribution experimentale a l'etude du role du calcaire dans l'evolution geochimique de sols // 9-th Int. Congr. Soil Sci. Trans. Adelaide. –1968. – V.4. – P. 511–522.

COMPARATIVE STUDY OF THE MINERALOGICAL STATE OF ALLUVIAL SOIL OF TERRACE FLOODPLAINS OF THE LOWER DNIESTER RIVER AND STAGNIC CHERNOZEM ON WATERSHED OF THE NORTHERN MOLDOVA

V.E. Alekseev, V.V. Cherbar', G.G. Stegeresku, A.N. Burgelya

Summary

It was found that the both soils are identical in qualitative composition of minerals, both carry signs of rock layering, which indicate that the Late Pliocene alluvial sedimentation took place in a more peaceful setting than in the modern terrace floodplains. In the

ancient stagnic chernozem there are signs of a deeper pronounced weathering process and clayization process. The uniformity of the qualitative composition of minerals of the studied soils indicates the same sources of the mineral material in the formation of parent rocks of these soils.

Поступила 20.04.16

УДК 631.4:549.905.8

АЛЛЮВИАЛЬНАЯ ПОЧВА ПРИТЕРРАСНОЙ ПОЙМЫ ДНЕСТРА И СТАГНИКОВЫЙ ЧЕРНОЗЕМ: ПРИРОДНЫЕ РЕЗЕРВЫ КАЛИЯ ПО МИНЕРАЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

В.Е. Алексеев, В.В. Чербарь, Г.Г. Стегэреску, А.Н. Бургеля

*Институт Почвоведения, Агрохимии и Защиты почв им. Н.А. Димо,
г. Кишинев, Молдова*

ВВЕДЕНИЕ

Важная роль калия для роста растений общеизвестна. В некоторых случаях потребность растений в калии даже выше, чем в азоте (сахарная свекла, табак, картофель, разные травы). Вместе с тем запасы калия в природных экосистемах ограничены, поэтому учет их содержания в почвах имеет принципиальное значение. При оценке обеспеченности почвы калием обычно прибегают к определению водорастворимого, обменного, необменного и реже валового калия [1]. Но существуют и другие подходы в этом вопросе. За рубежом активизировались исследования по оценке запасов калия в почве и их доступности растениям по минералогическим показателям [2–5]. Учет названных показателей увеличивает возможность оптимизации использования питательных веществ. В предыдущем сообщении приведены сведения по минералогическому состоянию представителей интересных в научном отношении генетически близких двух групп почв, современных тяжелых глинистых аллювиальных почв и древних тяжелых глинистых стагниковых черноземов. В данном сообщении будут рассмотрены те же почвы, но уже как носители определенных запасов калия, обусловленных особенностями их генезиса и минералогического состава.

Цель исследования заключается в том, чтобы выяснить фактические размеры природных резервов калия в названных почвах, а также могла ли отразиться на этих резервах разница в возрасте почв, измеряемая не менее чем в миллион лет. В отношении стагникового чернозема следует иметь в виду не его возраст как чернозема, являющегося продуктом голоцена, а возраст его минералогического профиля, унаследованного от предшествующих стадий почвообразования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Итак, объектами исследования стали те же две почвы, что и в предыдущем сообщении: аллювиальная лугово-болотная почва притеррасной поймы Днестра близ села Копанка Каушанского р-на (разрез А1) и чернозем стагниковый близ села Ордэшей Теленештского р-на на водоразделе с абсолютной отметкой в 240 м (разрез 6s). Там же описана методика минералогического анализа. На основании данных по составу первичных и глинистых минералов, приведенных в первом сообщении, произведены расчеты резервов калия.

По концепции Горбунова [6] к непосредственному резерву относится обменный калий (по Масловой). Ближний резерв калия заключен в глинистых минералах. В применении к исследуемым почвам он входит в состав таких минералах как иллит и смешаннослойный иллит-сметит.

Таблица 1

Элементный состав аллювиальной лугово-болотной осушенной почвы (разрез А1, гор. Аhp1, глубина 0–20 см) по данным минералогического анализа (весовой процент)

Минералогический 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
Кварц		19,0							19,0
Плагиоклаз (15%An)		2,1	0,7		0,1			0,3	3,2
Калиевый полевой шпат		2,4	0,7				0,483	0,1	3,7
Мусковит	0,9	7,1	6,2				1,767		15,9
Хлорит (фр. >1 мкм)	0,3	0,6	0,5	0,6		0,5			2,5
Каолинит (фр. >1 мкм)	0,9	1,8	1,8						4,4
Иллит-сметит	4,3	16,4	5,8	3,8	0,4	0,4	0,216		31,3
Иллит	1,0	6,7	3,4	0,8		0,4	0,807		13,2
Хлорит (фр. <1 мкм)	0,2	0,6	0,5	0,6		0,6			2,5
Каолинит (фр. <1 мкм)	0,6	2,0	1,7						4,3
Сумма	8,2	58,7	21,3	5,8	0,5	1,9	3,272	0,4	100,1

Наименее доступный или потенциальный резерв калия принадлежит слюдам и калиевым полевым шпатам. Расчет резервов калия в почве по методике Горбунова ведется по результатам не минералогического, а химического анализа, так как в то время проблема количественного минералогического анализа не была еще решена. Определялось валовое содержание калия в почве, содержание калия в иллитовой фракции и обменный калий. Последний относился к непосредственному резерву, калий ила – к ближнему резерву. По разнице между суммой непосредственного и ближнего резервов и валовым калием устанавливался потенциальный резерв. Расчет резервов калия осуществлен по результатам минералогического анализа. При этом руководствовались выводами в приведенных выше зарубежных исследованиях, согласно которым также после обменного калия (непосредственный резерв) наиболее доступным растениям является калий, принадлежащий иллиту и иллит-сметиту (в нашем случае иллиту и иллит-сметиту с высокой нормой смектитовых пакетов, ближний резерв). Наименее

доступен калий калиевых полевых шпатов и мусковита (потенциальный резерв). Таким образом, в основе наших расчетов лежат данные по обменному калию (по Масловой), количеству в почвах соответствующих калийсодержащих минералов и содержанию калия в них согласно их химическим формулам. Пример расчета приведен в табл. 1. В правой крайней графе представлены данные по содержанию в почве минералов и составляющих их оксидов. Жирным шрифтом выделены калийсодержащие минералы, содержание их в почве и содержание в них K_2O .

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 2 представлены результаты расчета резервов калия в исследуемых почвах в форме K_2O .

Непосредственный резерв калия в обеих почвах по содержанию соизмерим и находится в верхней трети или половине профиля в пределах 20–40 мг/100 г. Он несколько больше в аллювиальной почве. С глубиной содержание непосредственного резерва калия снижается, но менее резко, как это обычно происходит в зональных почвах [7–10]. Его примерно в полтора-два больше, чем в зональных черноземах и лесных почвах [10]. Главные причины высокого содержания непосредственного резерва в аллювиальной почве и стагниковом черноземе заключаются в их тяжелом гранулометрическом составе, в высоком в связи с этим содержании иллита и иллит-сметита, а также в связи с биогенным накоплением калия в верхних горизонтах.

Ближний резерв калия заключен в илистой части почвы (фракции менее 0,001 мкм) и представлен, как отмечалось, иллитом и смешаннослойным иллит-сметитом с высокой нормой смектитовых пакетов. Его размеры в исследуемых почвах существенно различаются. Если в аллювиальной почве ближний резерв калия составляет 1000–1300 мг/100 г, то в стагниковом черноземе он равен 1400–2100 мг/100 г, т.е. в полтора или почти в два раза больше. В отличие от зональных почв, где распределение этого резерва по профилю определяется закономерностями, обусловленными их генетическими особенностями [10], в исследуемых двух почвах подобную закономерность трудно установить. Она в этих почвах как раз не закономерна и зависит от особенностей проявления в них слоистости в явной или неявной форме.

Таблица 2

Резервы калия (K_2O) в аллювиальной почве и стагниковом черноземе по данным минералогического анализа (мг/100 г)

Горизонт	Глубина, см	Непосредственный	Ближний	Потенциальный	Общий
Разрез А1. Аллювиальная лугово-болотная почва, притеррасная пойма Днестра, с. Копанка, Каушанский р-н					
Ahp1	0–20	38	1023	2249	3310
Ah	38–57	30	1318	1517	2865
Abhg2	80–95	н.о.	1146	1763	2909
G3	180–200	н.о.	1030	2056	3086

Примечание. н.о. – не определялся.

Горизонт	Глубина, см	Непосредственный	Ближний	Потенциальный	Общий
Разрез 6с. Чернозем стагниковый, с. Ордэшей, Теленештский р-н, водораздел, абс. выс. 240 м					
Ap	0–35	32	1625	1440	3097
Ah	35–47	23	1434	1624	3081
ABh	47–65	21	1418	1628	3065
BG	83–100	н.о.	2113	1031	3145
Cg	115–140	н.о.	1601	1695	3296

Потенциальный резерв калия в данных почвах, как и в зональных, представлен в калиевых полевых шпатах и слюдах, в основном в мусковите. В аллювиальной почве его размер составляет 1500–2200 мг/100 г, в стагниковом черноземе – 1000–1700 мг/100 г. В отличие от ближнегорезерва потенциальный резерв калия, напротив, больше по размеру в аллювиальной почве, чем в стагниковом черноземе. В отношении распределения потенциального резерва по профилю можно сказать то же самое, что и о ближнем резерве. Оно носит незакономерный характер и контролируется особенностями проявления в почвах слоистости.

Размеры общего резерва калия в обеих исследуемых почвах весьма близки. В аллювиальной почве общий резерв составил 2900–3300 мг/100 г, в стагниковом черноземе он равняется 3100–3300 мг/100 г, т.е. по минимальному показателю немного выше. Также, как по ближнему и потенциальному резервам, в распределении общего резерва калия по профилю установить какую-либо закономерность не удастся. Оно определяется суммарным эффектом от поведения всех трех других резервов калия.

Следует отметить, что современные аллювиальные почвы Молдовы исключительно богаты резервами калия. По-видимому, это вообще типовая особенность современных, а значит молодых почв пойм рек, принадлежащих к территориям с лессовыми и лессовидными отложениями. Как ранее было установлено, для аллювиальных почв характерно вообще повышенное содержание слюд и генетически связанных с ними иллита и иллит-сметкита. Помимо молодости почв немаловажное значение в этом сыграло то обстоятельство, что поймы рек наследуют продукты выветривания и почвообразования, созданные на водоразделах и склонах и в первую очередь к таким продуктам относится иллит [10]. К тому же на примере одной и той же тяжелосуглинистой разновидности почв было установлено, что общий резерв калия в них зависит от их возраста. Так с последовательным увеличением возраста почв Молдовы от аллювиальных почв к черноземам, размещенным на средних высотных отметках, и к лесным почвам на высоких абсолютных отметках общий резерв калия в них снижается с примерно 2800 мг/100 г до 1400 мг/100 г, т.е. в два раза [10]. Причем потери происходят за счет потенциального резерва, поскольку он при выветривании и почвообразовании расходуется на воспроизводство ближнего и непосредственного резервов и расходуется необратимо.

В этой связи заслуживает внимания неожиданный эффект, который заключается в том, что общие резервы калия в современной (голоценовой) аллю-

виальной почве и в древнем (плиоценовом) стагниковом черноземе одного с ней тяжелоглинистого гранулометрического состава оказались практически одинаковыми. Если огромный возраст стагникового чернозема и оставил свой след на его общем резерве калия, то только в том, что в нем произошло перераспределение между потенциальным резервом и ближним резервом калия в пользу ближнего резерва. Произошло то, что называется процессом оглинивания, вероятность которого высказана в предыдущей статье. Отсутствие в стагниковом черноземе признаков потери общего резерва калия, обусловленного его большим возрастом, можно объяснить разными причинами. Одна из них может заключаться в том, что общий резерв калия был выше, но со временем снизился до современных размеров. Другая возможная причина может быть в том, что тяжелый гранулометрический состав настолько тормозит процессы выветривания в данной почве, что она сохраняется практически неизменной в законсервированном состоянии. Достоверность названных причин современного состояния общего резерва калия в стагниковом черноземе невозможно установить без проведения балансовых исследований. Но они, в свою очередь, возможны только при изначально однородной почвообразующей породе, чего как раз и нет в этой почве.

В заключение следует отметить любопытное явление, в равной мере распространяющееся на обе исследуемые почвы, молодую голоценовую аллювиальную почву и близкий по генезису плиоценовый стагниковый чернозем. Их объединяет формирование на породах одного и того же происхождения, аллювиальных отложениях. В одном случае это аллювиальные отложения современной поймы, в другом – аллювиальные отложения позднеплиоценовой поверхности выравнивания, образовавшиеся как минимум миллион лет назад. Интересно то, что в обоих случаях, несмотря на огромную разницу в возрасте, породы аллювиального происхождения оказались в равной степени чрезвычайно богаты общим резервом калия, достигающим и превышающим 3000 мг/100 г. Такое богатство калием на территориях с лессовыми и лессовидными породами, к каковым принадлежит и Молдова, обеспечивается названными выше калийсодержащими минералами, среди крупного обломочного материала которыми являются слюды и калиевые полевые шпаты, в составе глинистого материала – иллит и смешаннослойный иллит-сметтит. Причем главная роль среди перечисленных минералов принадлежит тем, в основе которых лежит слюдистое начало, а именно сами слюды – иллит и иллит-сметтит. Отличительная особенность этих минералов заключается в том, что они имеют пластинчатую форму. Вполне вероятно, что именно такая форма облегчала миграцию минералов слюдистой природы в осадочном материале водосборных бассейнов и способствовала их аккумуляции в аллювиальных отложениях современной и прошлых геологических эпох.

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования природных резервов калия в генетически близких двух почвах, современной (голоценовой) тяжелой глинистой аллювиальной почве и древнем тяжелом глинистом стагниковом черноземе, сформировавшимся

на позднеплиоценовой породе аллювиального происхождения. В обеих почвах непосредственный, ближний и потенциальный резервы калия в равной степени велики и превышают таковые в зональных почвах. В обеих почвах общий резерв калия достигает 3300 мг/100 г.

2. Большая разница в возрасте почв не нашла отражения на содержании в них общего резерва калия. В древнем стагниковом черноземе в отличие от молодой аллювиальной почвы присутствуют признаки перераспределения резервов калия между потенциальным и ближним резервами в пользу ближнего резерва калия в результате вероятного процесса оглинивания. В обеих почвах распределение резервов калия по профилю, кроме непосредственного, не носит закономерный характер и определяется проявлениями явной или скрытой слоистости пород.

3. Выдвинута гипотеза, что исключительно высокое содержание общего резерва калия в почвах на аллювиальных отложениях, независимо от их возраста, является их генетическим признаком и обусловлено пластинчатой формой минералов слюдяной природы, облегчающей их миграцию в осадочном материале водосборных бассейнов и накопление в поймах рек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
2. 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.
3. Mineralogical budgeting of potassium in soil: a basis for understanding standard measures of reserve potassium / Y. Andrist-Rangel [et al.] // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. – 2006. – Vol. 169. – P. 605–615.
4. 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.
5. 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.
6. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 294 с.
7. Ксерофитно-лесные черноземы: природные резервы калия / В.Е. Алексеев [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2013. – № 1(50). – С. 62–67.
8. Бурые лесные почвы Кодр Молдовы: природные резервы калия / В.Е. Алексеев [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2014. – № 1(52). – С. 87–94.
9. Серые лесные почвы Кодр Молдовы: природные резервы калия / В.Е. Алексеев [и др.] // *Почвоведение и агрохимия*. – 2015. – № 1(54). – С. 55–61.
10. Алексеев, В.Е. Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241 с.

**ALLUVIAL SOIL OF TERRACE FLOODPLAIN DNIESTER
AND STAGNIC CHERNOZEM: NATURAL RESERVES BY POTASSIUM
MINERALOGICAL INDICATORS**

V.E. Alekseev, V.V. Cherbar', G.G. Stegeresku, A.N. Burgelya

Summary

It was found that in both soils immediate, proximal and potential reserves of potassium are equally high and exceed those in the zonal soils. Total reserves of potassium in them reaches 3300 mg/100 g. Big difference in the age of the soil was not reflected on the content of their total reserves of potassium. In ancient stagnic chernozem there are signs of redistribution of potassium reserves between potential and proximal likely due to clayization process. In both soils distribution of potassium reserves by the profile, in addition to direct, is determined by manifestations of layering of rocks. Propose the hypothesis that exceptionally high content of total potassium reserves in soils on alluvial sediments is their genetic traits.

Поступила 20.04.16

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:633.112.9:631.445.2

ОСОБЕННОСТИ УДОБРЕНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ С ОЧЕНЬ ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФОРА И КАЛИЯ

В.В. Лапа, О.Г. Кулеш, Е.Г. Мезенцева

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

По последним уточненным данным [1] около 50% глинистых и суглинистых пахотных почв Беларуси характеризуются избыточным (выше оптимальных значений) содержанием подвижных форм фосфора и калия. Высокий потенциал этих природно-антропогенных образований позволяет получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур с минимальными затратами. По данным российских ученых [2] при 16-летнем использовании хорошо окультуренных почв без удобрений в зернопропашном полевом севообороте среднегодовая продуктивность 1 га составила 5,9, а в зернопаротравяном – 5,6 т зерновых единиц. Изученность таких почв в нашей стране находится на невысоком уровне.

Рациональное использование хорошо окультуренных почв невозможно без соответствующего научного обоснования, включающего и системы удобрения. В России разработкой теоретических положений этих вопросов занимается ряд научных учреждений, среди которых и кафедра агрохимии и почвоведения Великолукской ГСХА, результаты исследований которой указывают на разную реакцию, выращиваемых на таких почвах сельскохозяйственных культур, на отдельные виды удобрений. При почти полном отсутствии прибавок от фосфорно-калийных удобрений, азотные – на протяжении многих лет оставались высокоэффективными [2, 3].

Наибольший агрономический эффект обеспечивала минеральная система удобрения, базирующаяся на повышенных дозах азота, что способствовало увеличению среднегодовой продуктивности севооборота на 32%. Применение органической системы удобрения и поддерживающего известкования не давало столь значительных прибавок урожая [4]. При этом для обеспечения воспроизводства плодородия этих почв необходимо применение органической системы удобрения с внесением доз макро- и микроэлементов, гарантирующих бездефицитность их баланса.

Установлено, что при высокой обеспеченности почвы фосфором и калием повышенная доза азота обеспечивает существенную мобилизацию почвенных запасов фосфора и калия и получение стабильно высоких урожаев, а отказ от применения фосфорных и калийных удобрений не связан с риском ухудшения

качества продукции. Однако ученые отмечают, что при ориентации системы удобрения на одностороннее применение азотных удобрений приходится считаться с неизбежностью определенного снижения запасов подвижных соединений фосфора и калия в почве. Фактический материал на этот счет достаточно противоречив [5]. По данным российских ученых, в полевых севооборотах на дерново-подзолистых почвах с высоким содержанием фосфора и калия допустимо применение одних азотных удобрений в течение пятилетнего периода с контролем свойств почвы при очередном туре агрохимического обследования.

Система удобрений в значительной мере обуславливает не только направление и интенсивность изменений окультуренности почв, уровень и устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур, но и качество продукции [6]. Применение на дерново-подзолистых почвах удобрений в научно обоснованных дозах способствует оптимизации условий для протекания биохимических процессов в растениях, а соответственно и повышению качества продукции [7]. В то же время, с одной стороны, отмечается отрицательное воздействие как избытка азота, так и повышения концентрации фосфора и калия. Избыточно высокий уровень минерального питания нарушает сбалансированное поступление макро- и микроэлементов в растения. Это обусловлено увеличением конкуренции между ионами, изменением проницаемости мембран, подавлением энзиматической активности и нарушением энергетических и биохимических процессов [8]. С другой стороны, А.И. Иванов [3], обобщив данные полевых опытов с минеральными удобрениями, делает вывод, что риск получения экологически неблагоприятной продукции на хорошо окультуренных почвах очень низок. Поскольку определенный избыток питательного элемента, например, азота, ведет не к нарушению биосинтеза, а к более интенсивному потреблению других элементов и к усилению накопления биомассы.

В последние годы в Республике Беларусь значительное место в обеспечении населения продовольственным зерном занимает яровая пшеница. По урожайности в производстве яровая пшеница превосходит рожь и овес, уступая озимым пшенице, тритикале и яровому ячменю. Для удовлетворения потребности населения Беларуси в белом хлебе ежегодно требуется примерно 0,5 млн т пшеничного зерна. Эта задача должна решаться путем дифференцированной агротехники, включающей рациональную энергосберегающую обработку почвы, качество сева, химическую защиту, а также – сбалансированное минеральное питание с учетом уровня плодородия почвы [9].

Цель исследований – установить целесообразные уровни применения органических и минеральных удобрений, обеспечивающие высокую и устойчивую урожайность яровой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия в условиях Беларуси.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния органических и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы сорт Тома проводили в стационарном полевом опыте в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимическая характери-

ка почвы пахотного слоя: pH_{KCl} 6,00–6,29, содержание подвижных форм фосфора – 650–750, калия – 400–500 мг/кг почвы, гумуса – 2,03–2,57%.

Опыт заложен в двух последовательно открывающихся полях. Яровая пшеница возделывалась в звене севооборота со следующим чередованием культур: вико-рапсовая смесь (2012–2013 гг.) – кукуруза на зеленую массу (2013–2014 гг.) – яровая пшеница (2014–2015 гг.).

Схема опыта включает 15 вариантов в 4-х кратной повторности. Общая площадь делянки 24,0 м² (4,0 × 6,0 м). В опыте применяли следующие удобрения: органические – навоз КРС со следующими показателями качества (в среднем за 2 года): N – 0,5%, P₂O₅ – 0,28%, K₂O – 0,6%, влажность – 75%, вносили осенью после уборки вико-рапсовой смеси; минеральные удобрения – карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий применяли в основное внесение и, кроме того, карбамид в подкормку в дозе N₃₀ в стадию 1 узла культуры согласно схеме опыта (табл. 1).

Агротехника возделывания яровой пшеницы – общепринятая для Республики Беларусь [10].

После уборки с каждой делянки опытного участка отбирали растительные образцы для определения сухого вещества (высушиванием в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С) и анализа химического состава. В образцах из одной навески после мокрого озоления по методу ЦИНАО (1976) определяли:

- фотоколориметрически – содержание общего азота (индофенольным методом) (ГОСТ 13496.4–93) и фосфора (ванадомолибдатным методом) (ГОСТ 26657–85);
- на пламенном фотометре – содержание калия (ГОСТ 30504–97);
- на атомно-абсорбционном спектрофотометре – содержание кальция, магния, (ГОСТ 26570-95,);
- на инфракрасном спектрофотометре «Infraneo» – содержание клейковины и протеина в зерне яровой пшеницы.

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение влаги и сухого остатка по ГОСТ 26713–85; определение общего фосфора по ГОСТ 26717–85; определение общего калия по ГОСТ 26718–85.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2014–2015 гг. исследований различались по температурному режиму и количеству осадков, что оказало неоднозначное влияние на рост и развитие растений (рис. 1).

Весь период вегетации яровой пшеницы в 2014 г. характеризовался повышенными температурами воздуха, за исключением второй и третьей декады июня, когда температуры были ниже среднееголетних показателей на 1,3–2,8 °С, что сказалось на урожайности яровой пшеницы. Количество осадков не было лимитирующим фактором, повлиявшим на урожайность зерна пшеницы. В апреле и июле количество осадков было несколько ниже, в мае, июне и августе превышало среднееголетние показатели. ГТК за вегетационный период составил 1,6 (оптимальный).

Погодные условия вегетационного периода 2015 г. в большей степени отличались от среднееголетних показателей. Но при этом, достаточное количество осадков и оптимальный температурный режим в апреле и мае благоприятно по-

влияти на закладку и развитие генеративных и вегетативных органов растений. В дальнейшем недостаток влаги и повышенные температуры в июне и июле не оказали значительного негативного влияния на формирование урожайности зерна яровой пшеницы, которая была выше на 14–37% в зависимости от варианта, чем в 2014 г., ГТК равный 0,9 характеризует вегетационный период 2015 г. как очень засушливый.

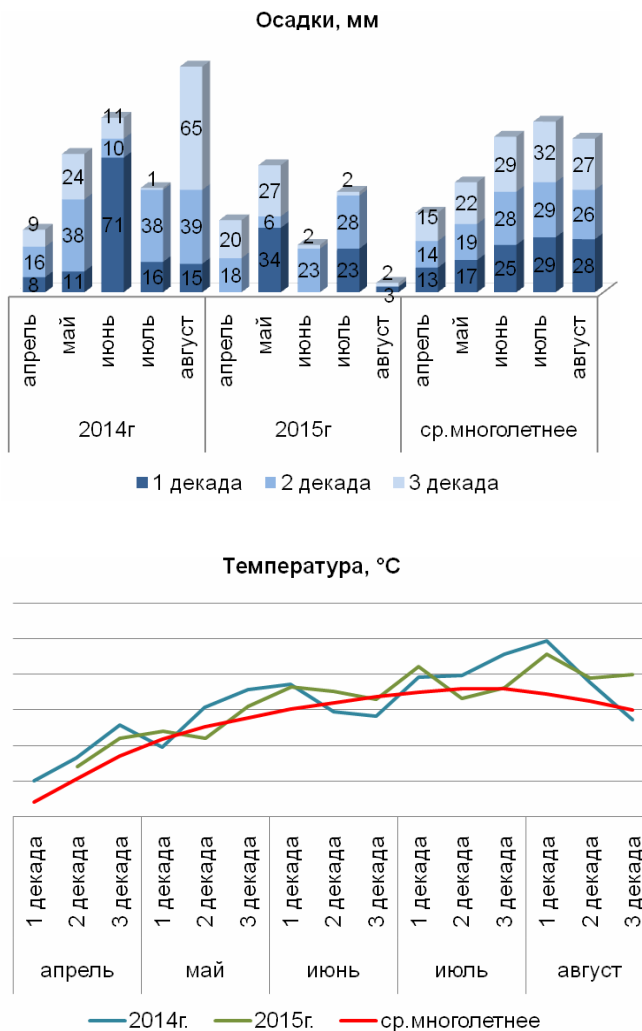


Рис. 1. Метеорологические условия вегетационных периодов 2014–2015 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований, приведенные в таблице 1, показывают, что за счет высокого уровня плодородия почвы в среднем за два года в варианте без внесения удобрений урожайность яровой пшеницы составила 50,4 ц/га.

**Урожайность яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве
с очень высоким содержанием фосфора и калия**

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			Окупаемость, кг зерна		
	2014 г.	2015 г.	сред- нее	от N	от РК	от п.н.	1 кг N	1 кг РК	1 т на- воза
Без удобрений – Фон 1	43,0	57,7	50,4						
N ₆₀	54,7	67,5	61,1	10,7			17,8		
N60+30	58,4	68,4	63,4	13,0			14,4		
N90+30	62,5	73,2	67,9	17,5			14,6		
N90+30P15K30	63,5	76,3	69,9		2,0			4,4	
П.н.* 50 т/га – Фон 2	53,4	61,1	57,3			6,9			13,8
Фон 2 + N60	56,9	72,6	64,8	7,5			12,5		
Фон 2 + N60+30	58,3	76,5	67,4	10,1			11,2		
Фон 2 + N90+30	62,3	78,4	70,4	13,1			10,8		
Фон 2 + N90+30P15K30	64,8	82,2	73,5		3,1			6,9	
П.н.* 100 т/га Фон 3	53,7	61,8	57,8			7,4			7,4
Фон 3 + N60	57,1	78,1	67,6	9,8			16,3		
Фон 3 + N60+30	59,6	78,6	69,1	11,3			12,6		
Фон 3 + N90+30	62,1	81,8	72,0	14,2			11,8		
Фон 3 + N90+30P15K30	64,6	83,4	74,0		2,0			4,4	
НСР ₀₅	3,2	4,0	4,1						

Примечание. *п.н. – последствие навоза.

И.А. Иванов и др. [3], в своих исследованиях отмечают, что на так называемых «зафосфаченно-закалиенных» почвах в первом минимуме, среди макроэлементов, находится азот. В нашем опыте также наибольшие прибавки урожая яровой пшеницы были получены при внесении азотных удобрений. Возрастающие дозы азотных удобрений способствовали формированию дополнительных 7,5–17,5 ц/га зерна. Лучший эффект от применения азотных удобрений отмечен на безнавозном фоне, где прибавка составила 10,7–17,5 ц/га в зависимости от вносимой дозы. На фоне последствия 50 т/га солоमистого навоза эффективность азотных удобрений несколько снизилась – дополнительный сбор зерна составил 7,5–13,1 ц/га, на фоне двойной дозы навоза (100 т/га) дополнительный сбор зерна составил 9,8–14,2 ц/га.

В.Д. Панников и В.Г. Минеев [11] приводят результаты исследований на среднекультуренных почвах, которые указывают на то, что минеральные удобрения наиболее эффективны на безнавозном фоне, а при увеличении нормы навоза эффективность минеральных удобрений резко снижается. В нашем опыте также наибольшие прибавки от азотных удобрений получены на безнавозном фоне. На фонах с внесением органических удобрений эффективность азотных удобрений различалась незначительно. Однако необходимо отметить, что при увеличении дозы навоза до 100 т/га отмечалась тенденция увеличения урожайности зерна яровой пшеницы от азотных удобрений на 1,1–2,3 ц/га.

Применение фосфорных и калийных удобрений на всех изучаемых фонах оказалось малоэффективным приемом – дополнительный сбор урожая был статистически недостоверен и варьировал в пределах 2,0–3,1 ц/га.

Внесение навоза в севообороте способствовало получению дополнительных 6,9–7,4 ц/га зерна пшеницы. Считается, что последствие навоза в сильной степени зависит от дозы навоза [12]. В наших исследованиях в среднем за два года не наблюдалось увеличения продуктивности яровой пшеницы при повышении дозы навоза в два раза. Прибавка от последствия 50 т/га навоза составила 6,9 ц/га, от 100 т/га навоза – 7,4 ц/га. Возможно, на фоне с внесением 100 т/га навоза последствие навоза будет проявляться дольше, чем на фоне с применением 50 т/га навоза, что отразится на продуктивности последующих культур севооборота.

Таким образом, при возделывании яровой пшеницы на почве с очень высоким содержанием фосфора и калия оптимальным, для получения высоких урожаев зерна можно считать применение N_{90+30} на всех фонах. При этом продуктивность пшеницы составила 67,9–72,0 ц/га.

Наибольшая окупаемость азота удобрений прибавкой урожая отмечается на фоне без внесения навоза и составляет 14,4–17,8 кг зерна. На фоне последствия 50 т/га навоза оплата единицы внесенного азота зерном пшеницы снижается на 26–32%, на фоне с применением 100 т/га навоза – на 8–19%.

Погодные условия вегетационного периода во многом обуславливают эффективность удобрений, интенсивность продукционных процессов растений, качество продукции, при возделывании сельскохозяйственных культур на почвах разной степени окультуренности. Также в нашем опыте погодные условия вегетационных периодов 2014 и 2015 годов обусловили особенности формирования урожая яровой пшеницы.

Рост и развитие пшеницы могут сдерживать многие факторы окружающей среды, включая и неблагоприятную температуру. По нашему мнению, именно пониженные температуры во второй и третьей декаде июня 2014 г. (14,7 и 14,1 °С соответственно), явились главной причиной более низкого урожая яровой пшеницы в этом году (43,0–64,8 ц/га) по сравнению с 2015 г. (57,7–83,4 ц/га). Наиболее благоприятными в фазе колошения и молочного состояния зерна считаются температуры 16–23 °С [13].

Н.Т. Ниловская [14], проведя исследования на моделях посева яровой пшеницы, выращиваемой при различных температурно-световых режимах, делает вывод о существенном влиянии этих факторов на фотосинтетическую и дыхательную деятельность растений, их рост и продуктивность при неизменности их химического состава.

Можно отметить значительное влияние погодных условий на эффективность удобрений в нашем опыте.

В первый год исследования отмечалась высокая эффективность последствия органических удобрений. Последствие 50 т/га навоза увеличило продуктивность пшеницы на 10,4 ц/га, повышение дозы органических удобрений до 100 т/га не привело к дальнейшему повышению урожайности культуры. Во второй год исследования эффективность органических удобрений была значительно ниже – 3,4 и 4,1 ц/га в зависимости от дозы навоза.

Такие различия в действии органических удобрений, по нашему мнению, могут быть связаны с тем, что в 2014 г. достаточное количество осадков и температуры воздуха, превышавшие среднемноголетние показатели (за исключением июня) благоприятствовали процессам минерализации органического вещества и высвобождения азота, который интенсивно использовалось растениями для фор-

мирования урожая в вариантах с применением навоза. В 2015 г. недостаток влаги препятствовал разложению органического вещества, что и сказалось на прибавках урожая яровой пшеницы от последействия органических удобрений. В то же время, необходимо отметить, что данного количества осадков оказалось достаточным для того, чтобы обеспечить высокую урожайность яровой пшеницы в целом по опыту.

Прибавки урожая яровой пшеницы от азотных удобрений на фоне без навоза имели значения того же порядка как в первый год исследования, так и во второй, составив в 2014 г. 11,7–19,5 ц/га, в 2015 г. – 9,8–15,5 ц/га. В то же время прибавка урожая от азота минеральных удобрений на фонах с применением навоза в 2014 г. составила 3,4–8,9 ц/га, а в 2015 г. была более чем в два раза выше – 11,5–20,0 ц/га. Вероятно, в 2014 г. азот минеральных удобрений в меньшей степени использовался растениями в связи с интенсивной минерализацией органического вещества в почве.

Как отмечается в исследованиях зарубежных ученых [4], на высоко окультуренных почвах нередко эффективность минеральной системы удобрения выше, чем органоминеральной. В наших исследованиях в 2014 г. действительно применение азотных удобрений на фонах с внесением органических удобрений не имело преимуществ над внесением азота на безнавозном фоне. В то же время в 2015 г. продуктивность пшеницы достоверно повышалась при внесении эквивалентных доз азота на фонах с внесением навоза. На фоне последействия 50 т/га навоза внесение азота привело к дополнительному сбору 5,1–8,1 ц/га пшеницы по сравнению с аналогичными вариантами на безнавозном фоне. На фоне последействия 100 т/га навоза прибавка продолжала расти и составила 8,6–10,6 ц/га. Таким образом, можно отметить, что в нашем опыте эффективность удобрений в большей степени зависела от погодных условий вегетационного периода, чем от системы удобрения.

При возделывании пшеницы, наряду с продуктивностью, большое значение имеет и качество получаемого зерна. Пшеница сорт Тома характеризуется средним содержанием белка – 14,7% и клейковины – 31,0% [15]. Наименьшие значения данных показателей в нашем опыте наблюдались в контрольном варианте, наибольшие – при дробном внесении 120 кг/га азота на фоне последействия 100 т/га навоза (табл. 2). Содержание сырого белка и клейковины в зерне повышалось в результате улучшения условий азотного питания и в среднем за два года исследований составило сырого белка – 11,3–14,6%, клейковины – 23,8–32,5%.

Таблица 2

Показатели качества зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия

Вариант	Сырой белок, % в сухом веществе			Клейковина, % в сухом веществе			Масса 1000 семян, г		
	2014 г.	2015 г.	сред- нее	2014 г.	2015 г.	сред- нее	2014 г.	2015 г.	сред- нее
Без удобрений – Фон 1	9,9	9,2	9,6	19,4	19,1	19,3	38,8	37,6	38,2
N ₆₀	11,3	11,3	11,3	23,1	24,4	23,8	38,0	38,4	38,2
N60+30	12,1	11,6	11,9	25,4	25,5	25,5	38,7	40,2	39,5
N90+30	13,8	13,6	13,7	30,3	30,9	30,6	38,9	39,6	39,3
N90+30P15K30	14,1	13,4	13,8	30,9	30,7	30,8	37,5	39,2	38,4

Вариант	Сырой белок, % в сухом веществе			Клейковина, % в сухом веществе			Масса 1000 семян, г		
	2014 г.	2015 г.	сред- нее	2014 г.	2015 г.	сред- нее	2014 г.	2015 г.	сред- нее
П.н.* 50 т/га – Фон 2	10,8	10,3	10,6	20,4	20,4	20,4	38,0	39,2	38,6
Фон 2 + N60	12,4	11,5	12,0	24,4	23,5	24,0	37,0	39,2	38,1
Фон 2 + N60+30	13,5	12,8	13,2	28,9	29,4	29,2	36,5	38,3	37,4
Фон 2 + N90+30	13,9	13,4	13,7	28,9	31,2	30,1	36,1	39,4	37,8
Фон 2 + N90+30P15K30	14,5	13,6	14,1	29,7	31,8	30,8	35,7	40,0	37,9
П.н.* 100 т/га Фон 3	10,5	10,3	10,4	21,1	21,5	21,3	38,1	39,2	38,7
Фон 3 + N60	12,6	12,1	12,4	25,5	27,0	26,3	38,0	38,9	38,5
Фон 3 + N60+30	14,1	13,0	13,6	27,9	30,0	29,0	35,5	39,9	37,7
Фон 3 + N90+30	14,6	14,5	14,6	30,3	34,6	32,5	34,8	39,5	37,2
Фон 3 + N90+30P15K30	14,6	14,3	14,5	30,8	34,0	32,4	36,4	39,2	37,8
HCP ₀₅	0,9	1,6	0,9	3,4	5,0	3,3	F _{факт.} < F ₀₅		

Примечание. * п.н. – последствие навоза.

На разных фонах действие различных доз азотных удобрений было не одинаковым. На безнавозном фоне зерно с наибольшим содержанием сырого белка было получено при внесении N₉₀₊₃₀, на фоне последствия 50 т/га навоза – при внесении N₆₀₊₃₀, дальнейшее повышение дозы азота не привело к достоверному накоплению сырого белка. На фоне последствия 100 т/га органических удобрений наиболее эффективным было применение N₉₀₊₃₀. В отношении содержания клейковины отмечены те же закономерности. На фоне без применения органических удобрений и на фоне последствия 100 т/га навоза для получения зерна с наибольшим содержанием клейковины необходимо было внести N₉₀₊₃₀, на фоне с применением 50 т/га навоза – N₆₀₊₃₀.

Следует отметить, что действие азотного удобрения на повышение показателей качества продукции яровой пшеницы незначительно выше на фоне без навоза (содержание сырого белка увеличилось на 2,1–4,4%, клейковины – на 4,5–11,3% в зависимости от варианта) и на фоне с применением 100 т/га навоза (содержание сырого белка увеличилось на 1,8–4,2%, клейковины – на 5,0–11,2%), чем на фоне с применением 50 т/га навоза (содержание сырого белка увеличилось на 1,2–3,1%, клейковины – на 3,6–9,7%).

Как правило, при использовании навоза получают продукцию более высокого качества [12]. В нашем опыте последствие навоза способствовало увеличению содержания сырого белка в пшенице на 0,9–1,0% и клейковины на 1,1–2,0%.

Внесение фосфорных и калийных удобрений не оказало значительного действия на накопление сырого белка и клейковины.

Зерно с наибольшим содержанием сырого белка (14,6%) и клейковины (32,4%), было получено в варианте с внесением N₉₀₊₃₀ на фоне последствия 100 т/га навоза, что соответствует средним значениям, характерным для данного сорта.

Результаты статистической обработки данных выявили тесную связь (R² 0,96–0,99) между дозами азотных удобрений на разных фонах и содержанием сырого белка и клейковины (рис. 2). Эта связь описывается соответствующими уравнениями регрессии (табл. 3), которые можно использовать в качестве моделей для прогноза действия азотных удобрений на эти показатели.

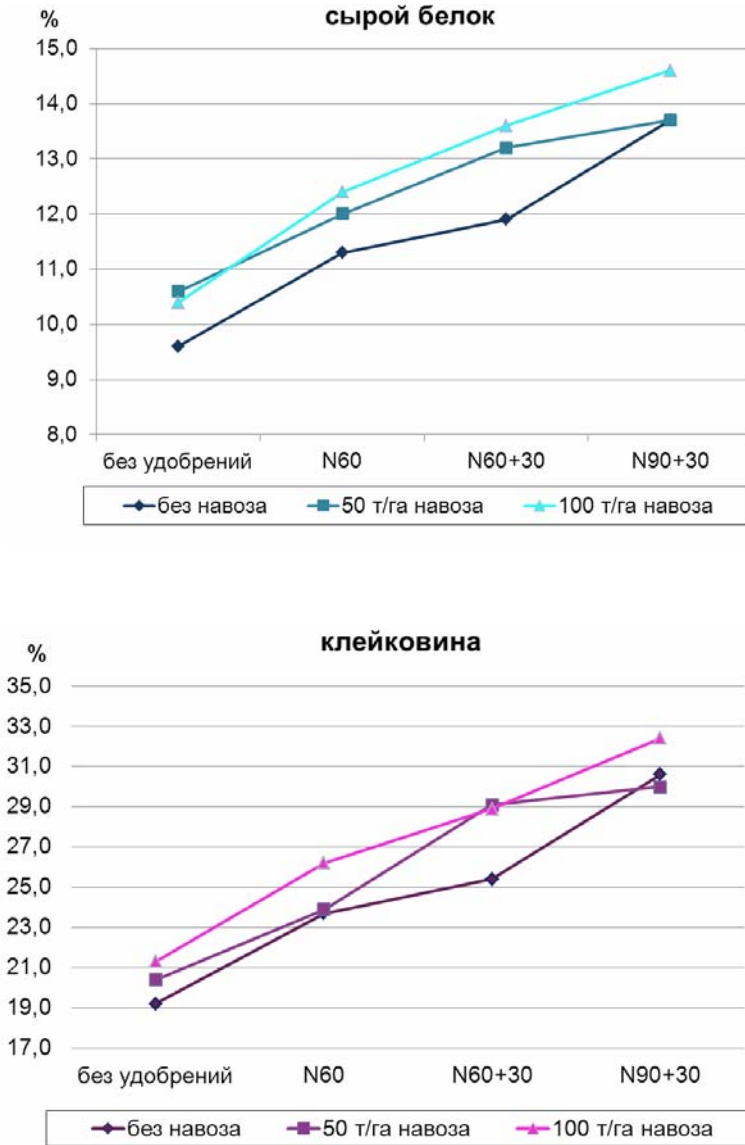


Рис.2. Зависимость показателей качества зерна яровой пшеницы от доз азотных удобрений на разных фонах

Таблица 3

Статистические модели зависимости качества зерна яровой пшеницы от доз азотных удобрений на разных фонах

Фон	Сырой белок		Клейковина	
	Уравнение регрессии	R ²	Уравнение регрессии	R ²
Без навоза	$Y = 0,025x^2 + 1,165x + 8,525$	0,96	$Y = 0,175x^2 + 2,715x + 16,62$	0,97
Навоз 50 т/га	$Y = -0,225x^2 + 2,175x + 8,625$	0,99	$Y = -0,65x^2 + 6,65x + 14,1$	0,97
Навоз 100 т/га	$Y = -0,25x^2 + 2,63x + 8,05$	0,99	$Y = -0,35x^2 + 5,35x + 16,45$	0,99

При значительных различиях в урожайности, содержание сырого белка по годам исследования отличалось незначительно – 9,9–14,6% в 2014 г. и 9,2–14,5% в 2015 г. Изменения в содержании азота и фосфора в зерне также были несущественными – 1,72–2,26% и 0,91–0,97% соответственно в 2014 г., 1,52–2,09% и 0,74–0,90% в 2015 г. (табл. 4). Содержание калия в зерне пшеницы не изменялось по годам исследования. Необходимо отметить, что доля калия и фосфора в сухом веществе мало изменялась по вариантам опыта и в среднем за два года исследований составила: фосфора – 0,83–0,93%, калия – 0,63–0,70%. Количество азота увеличивалось с повышением доз азотных удобрений. Применение 120 кг/га д.в. азота на фоне без внесения навоза обеспечило повышение содержания данного элемента в зерне на 0,48%, на фонах с последствием навоза содержание азота повысилось на 0,35–0,37%.

Таблица 4

Содержание основных элементов питания в зерне яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, % в сухом веществе

Вариант	Азот			Фосфор			Калий		
	2014 г.	2015 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	среднее
Без удобрений – Фон 1	1,72	1,52	1,62	0,91	0,83	0,87	0,63	0,63	0,63
N ₆₀	1,82	1,77	1,80	0,92	0,82	0,87	0,63	0,63	0,63
N60+30	1,96	1,81	1,89	0,92	0,74	0,83	0,63	0,63	0,63
N90+30	2,17	2,02	2,10	0,95	0,87	0,91	0,65	0,65	0,65
N90+30P15K30	2,26	2,02	2,14	0,97	0,89	0,93	0,68	0,68	0,68
П.н.* 50 т/га – Фон 2	1,81	1,68	1,75	0,92	0,81	0,87	0,68	0,67	0,68
Фон 2 + N60	1,98	1,79	1,89	0,95	0,77	0,86	0,69	0,68	0,69
Фон 2 + N60+30	2,13	1,85	1,99	0,95	0,86	0,91	0,66	0,68	0,67
Фон 2 + N90+30	2,14	2,05	2,10	0,94	0,87	0,91	0,64	0,64	0,64
Фон 2 + N90+30P15K30	2,21	2,06	2,14	0,95	0,88	0,92	0,67	0,69	0,68
П.н.* 100 т/га Фон 3	1,85	1,68	1,77	0,93	0,82	0,88	0,70	0,70	0,70
Фон 3 + N60	2,02	1,78	1,90	0,97	0,82	0,90	0,69	0,69	0,69
Фон 3 + N60+30	2,11	1,92	2,02	0,97	0,77	0,87	0,68	0,68	0,68
Фон 3 + N90+30	2,18	2,09	2,14	0,95	0,89	0,92	0,68	0,68	0,68
Фон 3 + N90+30P15K30	2,24	2,09	2,17	0,95	0,90	0,93	0,69	0,60	0,65
HCP ₀₅	0,3	0,2	0,2	F _{факт.} < F ₀₅			F _{факт.} < F ₀₅		

Примечание. * п.н. – последствие навоза.

Общеизвестной является тесная связь между содержанием азота в зерне и содержанием сырого белка. В нашем опыте отмечается корреляционная зависимость между содержанием азота и клейковины в зерне яровой пшеницы, которая описывается соответствующим уравнением регрессии: $y = -0,09x^2 + 25,51x - 22,64$ (рис. 3). Исходя из этого уравнения, по данным содержания азота можно прогнозировать содержание клейковины в зерне яровой пшеницы.

Масса 1000 зерен – один из показателей, который определяет урожай зерна той или иной культуры. В среднем за два года на фоне без внесения навоза масса 1000 зерен в нашем опыте имела тенденцию к увеличению от 38,2 до 39,5 г с повышением дозы азотных удобрений. На фонах с внесением органических удобрений имеет обратную зависимость – снижается с 38,7 до 37,2 г. Наиболее

крупное зерно формировалось при внесении азотных удобрений на безазотном фоне.

По годам исследований наблюдались различные закономерности в изменении крупности зерна пшеницы. В 2014 году крупное зерно формировалось в варианте без внесения удобрений. Внесение азотных удобрений на безазотном фоне не приводило к значительным изменениям данного показателя. На фонах с последствием навоза повышение дозы азотных удобрений сопровождалось некоторым снижением массы 1000 зерен. В 2015 г. крупность зерна изменялась в незначительных пределах в вариантах с внесением удобрений, наименьшая величина данного показателя наблюдалась в контрольном варианте.

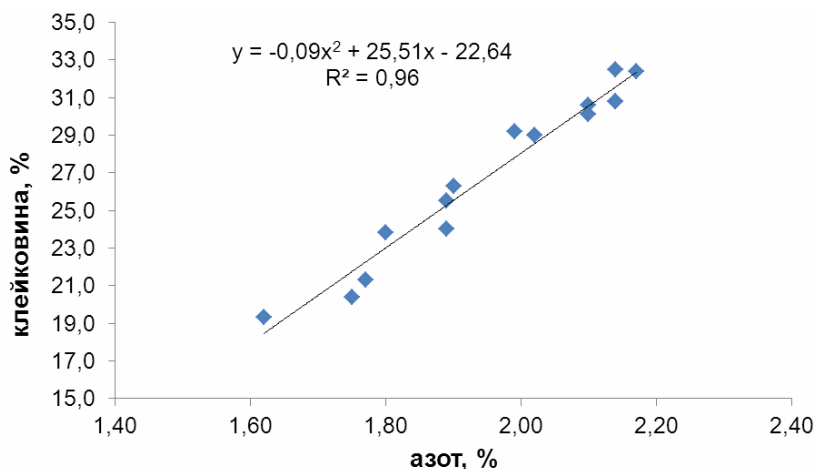


Рис. 3. Корреляционная зависимость между содержанием азота и клейковины в зерне яровой пшеницы

ВЫВОДЫ

1. Для получения стабильно высоких урожаев яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора (650–750 мг/кг почвы) и калия (400–500 мг/кг почвы) допустимо одностороннее применение азотных удобрений в дозе N_{90+30} .

Наиболее высокая продуктивность зерна яровой пшеницы (72,0 ц/га) была достигнута при внесении N_{90+30} на фоне последствия 100 т/га органических удобрений. При такой системе удобрения было получено зерно с наилучшими показателями качества – содержание сырого белка – 14,6%, и клейковины – 32,4%.

Наиболее высокая прибавка от внесения азотного удобрения – 17,5 ц/га, при окупаемости 1 кг N 14,6 кг зерна отмечена при применении N_{90+30} на безазотном фоне, при этом было получено 67,9 ц/га зерна.

2. Фосфорные и калийные удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия не оказали существенного влияния на продуктивность яровой пшеницы, но возможно, применение этих удобрений будет целесообразно для поддержания достигнутого уровня плодородия, что будет выявлено в дальнейших исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.
2. *Назарова, О.В.* Азотное состояние хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв Северо-Запада России и его изменение под влиянием различных систем удобрения: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О.В. Назарова; Великолукская ГСХА. – Великие Луки, 2004. – 132 л.
3. *Иванов, И.А.* Применение удобрений на дерново-подзолистых почвах с высокими запасами фосфора и калия / И.А. Иванов, А.И. Иванов, Н.И. Семенова. – Агрохимия. – 1996. – № 4. – С. 9–14.
4. *Дымова, Е.А.* Трансформация микроэлементного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы под действием различных систем удобрения: дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Е.А. Дымова; Великолукская ГСХА. – Великие Луки, 2006. – 167 л.
5. *Иванов, А.И.* Почвенно-агрохимическое обоснование системы удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / А.И. Иванов. – СПб. – Пушкин. – 2000. – 40 с.
6. Влияние степени окультуренности дерново-подзолистой супесчаной почвы на ее физические свойства и урожайность сельскохозяйственных культур в агрофизическом стационаре / Е.А. Оленченко [и др.] // Агрофизика. – 2012. – № 4(8). – С. 8–18.
7. *Авдонин, Н.С.* Научные основы применения удобрений / Н.С. Авдонин. – М.: Колос, 1972. – 320 с.
8. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков [и др.]; под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Колос, 1998. – 640 с.
9. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / НПЦ НАН РБ по земледелию; под ред. Ф.И. Привалова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.; Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: тезисы юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящ 80-летию образования ин-та земледелия, Жодино, 29 июня 2007 г. / НПЦ НАН РБ по земледелию. – Минск, 2007. – 320 с.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отрас. регламентов / Нац. академ. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; сост. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2012. – 288 с.
11. *Панников, В.Д.* Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.
12. *Кондрыко, В.Д.* Рациональное использование удобрений и урожай / В.Д. Кондрыко. – Минск: Ураджай, 1984. – 55 с.
13. Технологические основы растениеводства: учеб. пособие / И. П. Козловская [и др.]; под ред. доктора с.-х. наук И.П. Козловской. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 503 с.
14. *Ниловская, Н.Т.* Влияние факторов внешней среды на характер минерального питания пшеницы / Н.Т. Ниловская // Минеральное питание сельскохозяй-

ственных культур, урожай и качество продукции: труды ВИАУ / НИИ удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова; редкол.: Н.З. Милащенко (гл. ред.) [и др.]. – М., 1989. – С. 59–63.

15. Сорты, включенные в Государственный реестр – основа высоких урожаев: Характеристика сортов включенных в Государственный реестр / отв. ред. С.С. Танкевич. – Минск, 2007. – Ч. 4. – 439 с.

FEATURES OF SPRING WHEAT FERTILIZATION IN CULTIVATION ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL WITH VERY HIGH PHOSPHORUS AND POTASSIUM CONTENT

V.V. Lapa, O.G. Kulesh, E.G. Mezentseva

Summary

The results of studying of various fertilizer systems influence on the spring wheat grain productivity and quality on sod-podzolic light loamy soil with very high phosphorus and potassium content are resulted. High efficiency of unilateral nitric fertilizer is established.

Поступила 27.04.16

УДК 631.8:631.559:633.324:631.445.2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ОЗИМОЙ РЖИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева, С.М. Шумак

Институт почвоведения и агрохимии, г.Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Плодородие почв является основой устойчивого развития аграрного комплекса при любых погодных условиях. У всех стран с высоким уровнем развития сельского хозяйства есть одна общая черта – почвы с высоким плодородием, сформированным благодаря длительному, интенсивному применению минеральных и органических удобрений. Колебания урожайности, например, зерновых культур в различные по погодным условиям годы не превышают 10–15%. Сохранение и повышение плодородия почв, наряду с задачами по повышению продуктивности сельскохозяйственных культур возможно при обоснованном сочетании всех звеньев агротехнологий и, в первую очередь, оптимизации минерального питания и рационального использования почвенного плодородия.

В связи с тем, что в республике по последним данным около 77% (76,9%) дерново-подзолистых супесчаных почв с содержанием фосфора ниже оптимальных параметров (<200 мг/кг почвы) и только 17,7% с оптимальными (200–300 мг/кг

почвы), выше оптимума (> 300 мг/кг) – 5,4%, а по содержанию калия с оптимальными параметрами (170–250 мг/кг почвы) – 30,8%, ниже оптимальных параметров (< 170 мг/кг почвы) – 43,9%, выше оптимальных (> 250 мг/кг) – 25,3% было решено провести комплексные многокомпонентные исследования на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием подвижных фосфора и калия с оптимальными параметрами и ниже оптимальных.

В настоящее время агрохимической наукой республики разработан ряд рекомендаций по вопросам эффективного использования минеральных удобрений в агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур, ориентированных на получение максимальной урожайности. На основании этих работ решены вопросы оптимальных доз и сроков внесения удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры, которые реализованы в практической деятельности хозяйств.

В дальнейшем развитии нуждаются вопросы оптимизации применения удобрений в севооборотах с различным уровнем обеспеченности элементами питания, которые явятся основой планирования потребности республики в минеральных удобрениях, а также послужат нормативной основой прогнозирования продуктивности пахотных земель.

В структуре посевов зерновых культур Беларуси озимая рожь продолжает занимать значительные площади, т.к. является относительно нетребовательной к почвенным условиям (гранулометрический состав, степень кислотности и т.д.), отличается сравнительно низким требованием к интенсивности возделывания (внесение удобрений и пестицидов, а также меньшим варьированием урожайности в условиях экстремальных метеорологических воздействий). Рожь по праву считается культурой низкого экономического риска, и на протяжении столетий обеспечивала население Беларуси полноценным питанием, так как в ее зерне содержится больше, чем в пшенице, незаменимых аминокислот, а биологическая ценность белка превышает стандарты ФАО/ВОЗ. Однако в последние годы в Беларуси, как и в мировом земледелии, наблюдается тенденция к сокращению посевных площадей под рожью. Так, если в 1993 г. посевы ржи занимали площадь 989,4 тыс. га, то в 2013 г. уже 328,8 тыс. га. В результате сокращения площадей озимой ржи, в ряде стран (в частности в СНГ) стал ощущаться дефицит ее зерна, которое как оказалось, не может быть полностью заменено зерном других культур [1, 2, 3]. Таким образом, получение высоких урожаев зерна ржи на малых площадях является актуальным.

В настоящее время около 70% площадей озимой ржи в Беларуси занято тетраплоидными сортами. Эти сорта характеризуются достаточно высоким потенциалом урожайности, однако имеют ряд отрицательных признаков, по которым они не получили широкого распространения в Западной Европе. Это – подверженность отрицательным воздействиям неблагоприятных факторов внешней среды, более низкая (на 10–15%) озерненность колоса, повышенная склонность к прорастанию и другие. В сравнении с тетраплоидной, диплоидная рожь менее требовательна к почвенным условиям, более устойчива к неблагоприятным воздействиям внешней среды, имеет более развитую корневую систему. Зерно диплоидных сортов озимой ржи характеризуется лучшими хлебопекарными качествами, по сравнению с тетраплоидными сортами, которые более пригодны для получения комбикормов. Прогнозируется, что в структуре посевных площадей

ржи в целом по республике 55% займут диплоидные сорта. Однако технологические особенности их в отношении оптимизации условий минерального питания практически мало изучены.

Цель исследований – разработать эффективную технологию управления посевами озимой ржи на основе системы интегрированного применения удобрений, регуляторов роста, средств химической защиты растений для повышения устойчивости и снижения риска потерь растениеводческой продукции, сохранения и повышения плодородия почв.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2011–2013 гг. в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30–50 см песком, почве. Опыт развернут в пространстве в трех полях на двух уровнях содержания подвижных форм фосфора и калия: а) ниже оптимальных параметров – P_2O_5 – 110–180 мг/кг и K_2O – 100–160 мг/кг почвы; б) на уровне оптимальных параметров – P_2O_5 – 240–350 мг/кг и K_2O – 220–350 мг/кг почвы. Агροхимическая характеристика пахотного слоя: pH_{KCl} 5,9–6,2, гидролитическая кислотность 1,35–1,82, сумма обменных оснований 9,10–9,52 смоль (+)/кг почвы, обменные: кальций 4,4–4,8 и магний 1,3–1,6 смоль (+)/кг почвы, содержание гумуса 2,5–3,0%. Чередование культур в севообороте: горохо (пелюшко)-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь – клевер луговой – озимая тритикале.

Осенью 2008, 2009 и 2010 гг. внесен солоmistый навоз крупного рогатого скота (НКРС) из расчета 40 т/га под горохо (пелюшко)-овсяную смесь.

Исследования проводили с диплоидным сортом озимой ржи Офелия, включенным в Госреестр в 2010 г. Сорт среднеустойчив к полеганию, с хорошей зимостойкостью и устойчивостью к засухе. Хлебопекарные качества от хороших до удовлетворительных.

Минеральные удобрения (аммофос и хлористый калий) вносили перед посевом с заделкой АКШ–4 на глубину 10–12 см, карбамид (мочевину) весной при возобновлении вегетации растений и согласно схеме опыта (табл.1).

Общая площадь делянки 45 м² (9 x 5), учетная – 28 м² (8 x 3,5), повторность вариантов в опыте 4-кратная.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами [4].

Сев проводили во второй декаде сентября, учет урожайности – 27 и 31 июля.

В опыте применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, включающую следующие мероприятия: протравливание семян – винцит (2 л/т + 10 л H₂O), химическая прополка почвенным гербицидом кугар (1 л/га) и обработка растений фунгицидами фалькон (0,6 л/га) и фоликур (1,0 л/га) и инсектицидом децис (0,05 л/га). В фазы начала трубкования и выход флагового листа проводилась обработка хелатом микроудобрением МикроСтим Медь (0,5+0,5 л/га); N60+ N30 в фазы возобновления вегетации растений весной и начала трубкования; N60+ N30+ N30 в фазы возобновления вегетации, 2-й узел трубкования и колошения; регулятор роста (PP) хлормекват-хлорид в фазы конца кущения и 2-ой узел трубкования (0,6 + 0,6 л/га).

Таблица 1

Влияние систем удобрения на урожайность зерна озимой ржи Офелия

Вариант	Урожайность зерна, ц/га						Прибавка, ц/га к фону	Оплата 1 кг НРК зерном, кг	Урожайность соломы, ц/га	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	средняя	1	2									
	Содержание P ₂ O ₅ (110–170 мг/кг почвы) и K ₂ O (100–160 мг/кг почвы)														
1. Контроль без удобрений	38,1	38,4	28,2	34,9	–	–	–	–	28,4	52,8	22,3	–	–	–	34,5
2. Последствие 40 т/га НКРС – фон 1	45,0	43,4	31,2	39,9	5,0	–	–	–	32,1	60,2	23,5	–	–	–	38,6
3. Фон + P70 + N60+30	67,3	61,8	59,5	62,9	23,0	–	14,4	–	47,4	72,8	45,4	–	–	–	55,2
4. Фон + K150 + N60+30	66,7	55,4	58,9	60,3	20,4	–	8,5	–	49,9	64,6	52,8	–	–	–	55,8
5. Фон + P70K150	59,3	51,8	38,2	49,8	9,9	–	4,5	–	47,0	63,3	37,6	–	–	–	49,3
6. Фон + P70K150 + N60+30	67,1	57,4	57,2	60,6	20,7	–	6,7	–	42,7	67,3	46,2	–	–	–	52,1
7. Фон + P70K150 + N60+30+30+ МикроСтим Медь + РР	68,5	63,3	61,0	64,3	24,4	–	7,2	–	40,9	75,8	49,6	–	–	–	55,4
Содержание P ₂ O ₅ (240–350 мг/кг почвы) и K ₂ O (220–350 мг/кг почвы)															
1. Контроль без удобрений	45,3	44,6	37,3	42,4	7,5	–	–	–	46,2	42,8	26,1	–	–	–	38,4
2. Последствие 40т/га навоз КРС – фон 2	49,4	48,8	39,3	45,8	5,9	3,4	–	–	33,2	63,1	32,1	–	–	–	42,8
3. Фон + P40 + N60+30	71,7	60,5	69,1	67,1	27,2	21,3	16,4	–	56,6	71,2	48,7	–	–	–	58,8
4. Фон + K120 + N60+ 30	73,4	59,8	60,5	64,6	24,7	18,8	9,0	–	50,5	72,1	47,7	–	–	–	56,8
5. Фон + P40K120	60,0	55,7	40,7	52,1	12,2	6,3	4,2	–	46,4	64,9	28,8	–	–	–	46,7
6. Фон + P40K120 + N60+30	68,1	59,6	59,4	62,3	22,4	16,5	6,6	–	53,5	71,4	54,0	–	–	–	59,6
7. Фон + P40K120 + N60+30+30	71,0	60,5	62,3	64,6	24,7	18,8	6,7	–	49,5	70,5	55,4	–	–	–	58,5
8. Фон + P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь	70,1	57,4	63,5	63,7	23,8	17,9	6,4	–	41,6	71,1	61,4	–	–	–	58,0
9. Фон + P40K120 + N60+30+30 МикроСтим Медь + РР	72,5	64,8	66,5	67,9	28,0	22,1	7,9	–	43,5	73,8	57,8	–	–	–	58,4
10. Фон + P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь + РР без фунгицидов и инсектицидов	52,0	51,4	51,3	51,6	11,7	5,7	2,0	–	30,2	62,9	45,3	–	–	–	46,1
НСР _{0,05}	3,26	2,8	3,0	1,75					3,38	3,7	3,0				1,94

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85), гидrolитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212–84), сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821–88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), обменные кальций и магний методом ЦИНАО–ГОСТ 26487–85, органическое вещество по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91). Качественные характеристики зерна включают – массу 1000 семян, содержание белка, рассчитанное по белковому азоту и коэффициенту 5,6. Содержание общего азота, фосфора, калия, кальция и магния определяли из одной навески при сжигании растительных образцов в смеси серной кислоты и пергидроля: азот – фотоколориметрически (индофенольным методом), фосфор – ванадомолибдатным методом и калий – на пламенном фотометре; статистическую обработку полученных результатов – дисперсионный анализ согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [5] с использованием соответствующих программ компьютера.

Урожайность зерна дана при влажности 14%, соломы – при влажности 16%.

Погодные условия в годы исследований различались как температурой воздуха, так и количеством выпавших осадков. Для возделывания озимой ржи, судя по урожайности, наиболее благоприятными были погодные условия 2011 г. Среднемноголетняя температура воздуха за вегетационный период сентябрь–июль составила 1666 °С из них за апрель–июль – 1626 °С. В годы исследований сумма температур воздуха за вегетационный период сентябрь–июль составила в 2011 г. – 2006 °С, в 2012 г. – 2018 °С, в 2013 г. – 1955 °С; за вегетационный период апрель–июль: в 2011 г. – 1904 °С, в 2012 г. – 1716 °С, в 2013 г. – 1883 °С. Среднее многолетнее поступление осадков за вегетационный период озимой ржи сентябрь–июль составляет 577 мм и за вегетационный период апрель–июль – 268 мм. В годы исследований осадков в 2011 г. выпало 808 мм, в 2012 г. – 532 мм, в 2013 г. – 584 мм, за вегетационный период апрель–июль поступило следующее количество осадков: 2011 г. – 318, в 2012 г. – 300 мм, в 2013 г. – 269 мм.

Озимые культуры в зимний период 2012–2013 гг. перезимовали плохо, т.к. снег выпал 29 октября 2012 г. и лежал до середины апреля 2013 г. Экстремальные условия вызвали поражение растений снежной плесенью. Вегетационный период озимых в 2013 г. характеризовался повышенной температурой воздуха на 0,3–4,8 °С в сравнении с многолетними показателями и неравномерным выпадением осадков по месяцам (рис. 1).

В Беларуси вегетационные периоды с показателями ГТК (гидротермический коэффициент – условный показатель увлажнения по Селянинову) характеризуются: от 0,2 до 0,4 – сухие; от 0,4 до 0,7 – очень засушливые; от 0,7 до 1,0 – засушливые, от 1,0 до 1,3 как слабозасушливые, 1,3–1,6 оптимальные, а больше 1,6 – влажные [6].

В годы исследований ГТК в течение вегетационных периодов изменялся в следующих пределах: в 2011 г. – 1,4–2,3, в 2012 г. – 0,5–4,7 и в 2013 г. – 0,9–2,2, что позволило сделать заключение о неравномерном распределении осадков по месяцам особенно в 2012 г. и о некотором недостатке влаги в 2013 г.

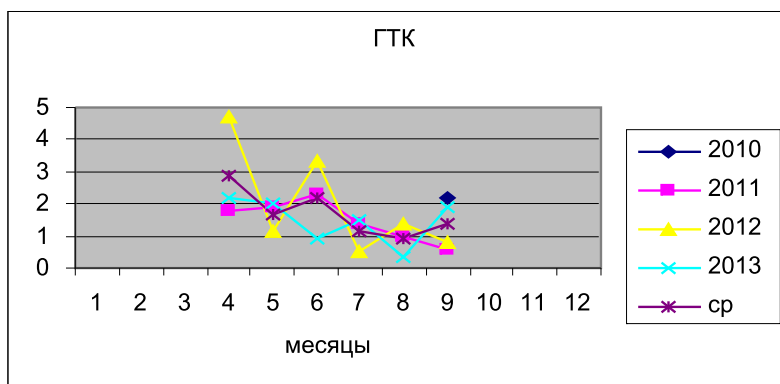
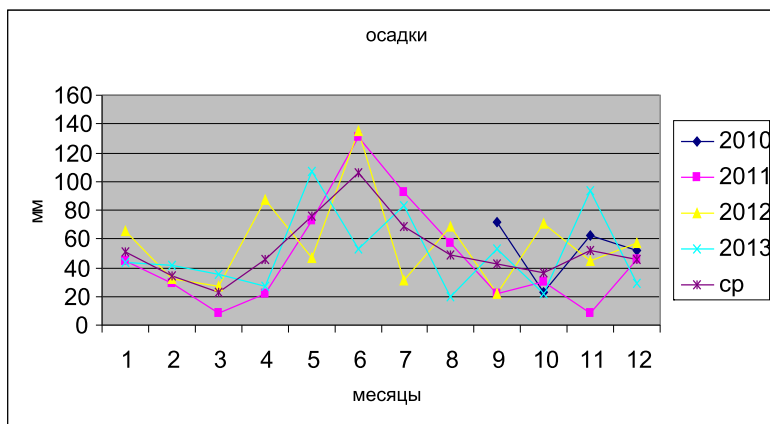
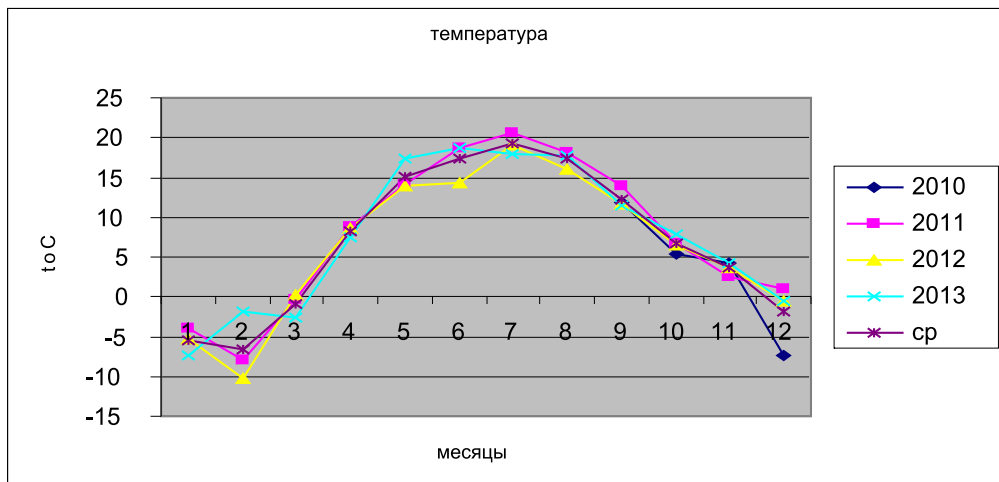


Рис. Метеорологические условия в годы возделывания озимой ржи (2010–2013 гг.)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что погодные условия, применение минеральных удобрений и средств химизации на фоне последействия 40 т/га органических удобрений оказали существенное влияние на урожайность и качество зерна озимой ржи диплоидного сорта Офелия.

В среднем за три года собран урожай зерна озимой ржи на уровне 34,9–67,9 ц/га (табл. 1).

Урожайность в 2011 и 2012 гг. в варианте без удобрений на почвах с двумя уровнями содержания фосфора и калия была практически на одном уровне 38,1 и 38,4 ц/га и 45,3 и 44,6 ц/га соответственно, что на 9,9, 10,2 ц/га и на 8,0 и 7,3 ц/га выше, чем в 2013 г. В вариантах с последействием (2-й год) 40 т/га навоза КРС аналогичная закономерность: 45,0–43,4 ц/га и 49,4–48,8 ц/га соответственно.

В среднем за три года (2011–2013 гг.) на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров максимальная урожайность зерна озимой ржи 64,3 ц/га формировалась при применении системы удобрения Р70К150 + N60 + N30 + N30 + МикроСтим Медь + хлормекват-хлорид на фоне 2-го года последействия 40 т/га органических удобрений. Прибавка зерна при применении указанной системы удобрения составила 24,4 ц/га при агрономической окупаемости 1 кг NPK 7,2 кг зерна. При применении дополнительной дозы N30 + хелатного микроудобрения МикроСтим Медь и регулятора роста хлормекват-хлорид урожайность зерна озимой ржи повысилась на 3,7 ц/га. При применении парных комбинаций Р70 + N60 + 30 и К150 + N60+30 получена урожайность зерна ржи 62,9 и 60,3 ц/га, что на одном уровне 60,6 ц/га с внесением полной дозы удобрений Р70К150 + N60 + 30, но при более высокой окупаемости удобрений зерном.

На почве с оптимальным содержанием фосфора и калия максимальная урожайность зерна озимой ржи 67,9 ц/га формировалась при применении Р40К120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь + РР (хлормекват-хлорид) на фоне последействия (2-й год) 40 т/га органических удобрений. Прибавка зерна при применении данной системы удобрения по отношению к фону составила 22,1 ц/га, в том числе от применения азотных удобрений + МикроСтим Медь и РР – 15,8 ц/га, при агрономической окупаемости 1 кг NPK 7,9 кг зерна. При применении парных комбинаций Р40 + N60+30 и К120 + N60+30 получена урожайность зерна ржи 67,1 и 64,6 ц/га, что на 4,8 и 2,3 ц/га превышает урожайность 62,3 ц/га при внесении полной дозы удобрений Р70К150 + N60+30, и при более высокой окупаемости удобрений зерном.

На дерново-подзолистой почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных показателей при применении Р40К120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь + РР (хлормекватхлорид) без фунгицидов и инсектицидов урожайность зерна в годы исследований, практически была на одном уровне 51,3–52,0 ц/га. В среднем за три года недобор зерна составил 16,3 ц/га (табл. 1).

Урожайность соломы была максимальной 42,8–75,8 ц/га в 2012 г., а в среднем за годы исследований – 59,6 ц/га на почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров в варианте с применением азотных удобрений в два срока на фоне Р40К120. Отношение сухого веса соломы к зерну изменялось в пределах 0,84–0,97 с наиболее высокими показателями в вариантах на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров.

Максимальная урожайность зерна озимой ржи Офелия при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров в среднем за три года на 54,3% формировалась за счет почвенного плодородия: последствие 40 т/га органических удобрений обеспечило 7,8%, доля фосфорных и калийных удобрений составила 15,4%. Высока роль азотных удобрений в формировании урожайности зерна диплоидного сорта – 22,5%. Роль почвенного плодородия в формировании урожайности зерна озимой ржи на почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров составила 62,4%, что на 8,1% выше, чем на почве с более низким содержанием P_2O_5 и K_2O . При этом значение последствия органических удобрений, действия азотных, фосфорных и калийных снижается до 37,6% против 45,7% на почве с содержанием P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров (табл. 2).

Таблица 2

Участие исследуемых факторов в формировании урожайности озимой ржи при различном содержании фосфора и калия (2011–2013 гг.)

Факторы	Содержание P_2O_5 (110–170 мг/кг почвы) и K_2O (100–160 мг/кг почвы)		Содержание P_2O_5 (240–350 мг/кг почвы) и K_2O (220–350 мг/кг почвы)	
	Урожайность			
	ц/га	%	ц/га	%
Почва	34,9	54,3	42,4	62,4
Последствие 40т/га НКРС	5,0	7,8	3,4	5,0
РК – удобрения	9,9	15,4	6,3	9,3
Н-удобрение + МикроСтим Медь + хлормкват-хлорид	14,5	22,5	15,8	23,3
Урожайность, ц/га	64,3	100	67,9	100

Важным показателем оценки эффективности системы удобрения при возделывании озимой ржи является содержание элементов питания в основной и побочной продукции. При этом от содержания и сбалансированности элементов питания в зерне непосредственно зависит его питательная и кормовая ценность. Кроме того, содержание элементов питания в зерне и соломе служит для определения хозяйственного и удельного выноса элементов, показатели которых применяются для расчета баланса, а также доз удобрений.

Содержание азота, фосфора и калия в зерне заметнее различалось по годам, чем в зависимости от доз и соотношения минеральных удобрений на почвах с разными показателями P_2O_5 и K_2O . Наиболее вариabельными показателями в зерне ржи среди элементов питания оказались азот, калий и фосфор. Содержание азота в зерне по годам в вариантах без минеральных удобрений на почве с показателями P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров изменялось в пределах 1,12–1,64% (разница 0,52%), и на почве с оптимальными показателями P_2O_5 и K_2O в пределах – 1,14–1,74 (разница 0,60%). В варианте с минеральными удобрениями без средств защиты различия по годам доходили до 0,85%.

В среднем за три года на почве с показателями P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров содержание азота в зерне озимой ржи изменялось в пределах 1,42–1,66%, фосфора – 0,84–0,91%, калия – 0,58–0,70%, оксида кальция – 0,02–0,03% и оксида магния – 0,16–0,18%. На почве с показателями P_2O_5 и K_2O на

уровне оптимальных параметров содержание элементов питания в зависимости от применяемой системы удобрения изменялось в следующих пределах: азот – 1,50–1,69%, фосфор – 0,87–0,91%, калий – 0,62–0,74%, CaO – 0,03–0,04% и MgO – 0,15–0,17%. Содержание оксида кальция и магния не зависело от системы удобрения и можно отметить тенденцию к изменению их показателей в зависимости от содержания P_2O_5 и K_2O в почве (табл. 3).

Содержание азота в соломе по годам в вариантах без минеральных удобрений на почве с показателями P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров изменялось в пределах 0,33–0,40% (разница 0,07%), и на почве с оптимальными показателями P_2O_5 и K_2O – в пределах – 0,23–0,38 (разница 0,15%). В варианте с минеральными удобрениями без средств защиты различия по годам доходили до 0,28%.

В среднем за три года на почве с показателями P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров содержание азота в соломе озимой ржи изменялось в пределах 0,36–0,51%, фосфора – 0,33–0,45%, калия – 0,50–2,26%, оксида кальция – 0,17–0,23% и оксида магния – 0,08–0,12%. На почве с показателями P_2O_5 и K_2O на уровне оптимальных параметров содержание элементов питания в зависимости от применяемой системы удобрения изменялось в следующих пределах: азот – 0,32–0,54%, фосфор – 0,38–0,50%, калий – 1,71–2,72%, CaO – 0,16–0,25% и MgO – 0,07–0,11%. Содержание оксида кальция и магния не зависело от системы удобрения и можно отметить тенденцию к изменению их содержания в зависимости от показателей P_2O_5 и K_2O в почве (табл. 4).

Наряду с показателями урожайности, при возделывании озимой ржи большое значение имеет качество зерна. Погодные условия 2011 и 2013 гг. способствовали влиянию минеральных удобрений на синтез белка в зерне ржи по сравнению с 2012 г. Содержание белка на почвах с разными показателями фосфора и калия изменялось в одних пределах. На почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров содержание белка по годам изменялось от 6,2% до 11,0% с разницей 4,8%. На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров содержание белка по годам изменялось от 6,4% до 11,3% с разницей 4,9%. В среднем за три года максимальное содержание белка 9,2 и 9,3% отмечено в вариантах с внесением $P70K150 + N60 + N30 + N30 + \text{МикроСтим Медь} + PP$ и $P70 + N60+30$ на фоне последействия 40 т/га НКРС. При применении указанной системы удобрения получен и самый высокий сбор белка 563 и 572 кг/га. Сбор белка определялся урожайностью и содержанием белка в зерне и в среднем изменялся от 267 кг в варианте без удобрений до 572 кг/га в варианте $P70K150 + N60 + 30 + 30 + \text{МикроСтим Медь} + PP$ на фоне последействия навоза КРС. В среднем за три года на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров содержание белка изменялось от 8,0 до 9,3% при НСР 0,36.

На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров содержание белка в среднем за три года изменялось от 8,4 до 9,4%. максимальное содержание белка 9,3 и 9,4% отмечено в вариантах с внесением на фоне последействия навоза КРС $P40K120 + N60+30+30 + \text{МикроСтим Медь}$ и $P40K120 + N60+30+30 + \text{МикроСтим Медь} + PP$. Сбор белка в среднем изменялся от 342 кг/га в варианте без удобрений до 621 кг/га при применении $P40K120 + N60+30+30 + \text{МикроСтим Медь} + PP$.

При применении системы удобрения $P40K120 + N60+30+30 + \text{МикроСтим Медь} + PP$ без фунгицидной и инсектицидной защиты недобор белка составил 170 кг/га (табл. 5).

Таблица 3

Влияние систем удобрения на содержание элементов питания в зерне озимой ржи Оффелия

№ п/п	Азот			P ₂ O ₅			K ₂ O			CaO	MgO			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.			2012 г.	2013 г.	среднее
	Содержание P ₂ O ₅ (110–170 мг/кг почвы) и K ₂ O (100–160 мг/кг почвы)													
1	1,51	1,15	1,61	1,42	0,85	0,94	0,92	0,90	0,54	0,49	0,71	0,58	0,03	0,16
2	1,64	1,12	1,61	1,46	0,83	0,85	0,92	0,87	0,58	0,47	0,71	0,59	0,03	0,17
3	1,96	1,29	1,73	1,66	0,84	0,92	0,96	0,91	0,61	0,54	0,75	0,63	0,02	0,18
4	1,83	1,30	1,72	1,62	0,79	0,86	0,94	0,86	0,61	0,55	0,74	0,63	0,03	0,17
5	1,61	1,13	1,66	1,47	0,88	0,90	0,92	0,90	0,59	0,54	0,74	0,62	0,03	0,17
6	1,95	1,17	1,67	1,60	0,80	0,87	0,86	0,84	0,66	0,59	0,74	0,66	0,03	0,16
7	1,96	1,23	1,74	1,64	0,83	0,89	0,92	0,88	0,71	0,61	0,78	0,70	0,03	0,18
Содержание P ₂ O ₅ (240–350 мг/кг почвы) и K ₂ O (220–350 мг/кг почвы)														
1	1,68	1,18	1,66	1,51	0,85	0,87	0,92	0,88	0,65	0,58	0,76	0,66	0,03	0,16
2	1,74	1,14	1,69	1,52	0,87	0,90	0,90	0,89	0,58	0,54	0,73	0,62	0,04	0,15
3	1,76	1,32	1,69	1,59	0,79	0,93	0,98	0,90	0,63	0,65	0,79	0,69	0,03	0,17
4	1,79	1,22	1,73	1,58	0,80	0,85	1,00	0,88	0,63	0,61	0,78	0,67	0,03	0,15
5	1,65	1,21	1,64	1,50	0,83	0,96	0,95	0,91	0,61	0,63	0,78	0,67	0,03	0,16
6	1,89	1,28	1,70	1,62	0,84	0,94	0,95	0,91	0,63	0,66	0,79	0,69	0,03	0,16
7	1,96	1,24	1,74	1,65	0,80	0,94	0,92	0,89	0,70	0,61	0,78	0,70	0,03	0,17
8	1,92	1,28	1,76	1,65	0,77	0,90	0,94	0,87	0,70	0,62	0,78	0,70	0,03	0,17
9	1,96	1,31	1,79	1,69	0,80	0,86	0,95	0,87	0,72	0,68	0,81	0,74	0,03	0,17
10	2,02	1,17	1,59	1,60	0,88	0,84	0,96	0,89	0,66	0,61	0,78	0,68	0,03	0,17
НСР ₀₅	0,10	0,11	0,12		0,11	0,05	0,08		0,05	0,04	0,06		0,008	0,01

Таблица 4

Влияние систем удобрений на содержание элементов питания в соломе озимой ржи

№ п/п	Азот			P ₂ O ₅			K ₂ O			CaO	MgO			
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.			2012 г.	2013 г.	среднее
Содержание P ₂ O ₅ (110–170 мг/кг почвы) и K ₂ O (100–160 мг/кг почвы)														
1	0,35	0,33	0,39	0,36	0,23	0,58	0,48	0,43	1,73	1,77	1,00	1,50	0,19	0,10
2	0,36	0,35	0,40	0,37	0,23	0,54	0,46	0,41	1,75	1,81	1,02	1,53	0,18	0,09
3	0,49	0,35	0,41	0,42	0,16	0,63	0,45	0,41	2,15	1,99	0,97	1,70	0,23	0,12
4	0,43	0,53	0,38	0,45	0,16	0,42	0,40	0,33	2,26	2,51	1,31	2,03	0,21	0,10
5	0,36	0,39	0,34	0,36	0,33	0,54	0,49	0,45	1,90	2,01	1,31	1,74	0,17	0,08
6	0,50	0,54	0,34	0,46	0,27	0,48	0,38	0,38	2,72	2,82	1,24	2,26	0,22	0,10
7	0,69	0,40	0,45	0,51	0,22	0,42	0,40	0,35	2,74	2,21	1,29	2,08	0,23	0,12
Содержание P ₂ O ₅ (240–350 мг/кг почвы) и K ₂ O (220–350 мг/кг почвы)														
1	0,38	0,31	0,36	0,48	0,43	0,59	0,48	0,50	2,10	2,20	1,06	1,79	0,20	0,09
2	0,37	0,23	0,37	0,32	0,40	0,58	0,45	0,48	2,04	1,96	1,12	1,71	0,16	0,07
3	0,42	0,49	0,39	0,43	0,31	0,59	0,37	0,42	2,45	2,95	1,38	2,26	0,19	0,08
4	0,41	0,50	0,42	0,44	0,32	0,63	0,36	0,44	2,89	3,21	1,55	2,55	0,18	0,08
5	0,37	0,35	0,36	0,36	0,38	0,61	0,43	0,47	2,11	2,56	1,16	1,94	0,16	0,08
6	0,48	0,40	0,46	0,46	0,24	0,57	0,38	0,40	2,50	2,40	1,29	2,06	0,19	0,08
7	0,57	0,51	0,48	0,52	0,35	0,57	0,39	0,44	3,07	3,05	1,90	2,67	0,21	0,09
8	0,58	0,44	0,54	0,52	0,38	0,53	0,36	0,42	3,10	3,19	1,71	2,67	0,21	0,08
9	0,63	0,52	0,38	0,51	0,37	0,54	0,33	0,41	3,24	3,21	1,70	2,72	0,20	0,09
10	0,71	0,43	0,47	0,54	0,36	0,35	0,43	0,38	2,33	2,36	1,36	2,02	0,25	0,11
НСР _{0,5}	0,06	0,07	0,05		0,05	0,04	0,04		0,13	0,13	0,12		0,02	0,011

Таблица 5

Влияние систем удобрения на качество зерна озимой ржи

№ п/п	Масса 1000 зерен, г			Белок, %			Сбор белка, кг/га				
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее
Содержание P ₂ O ₅ (110–170 мг/кг почвы) и K ₂ O (100–160 мг/кг почвы)											
1	38,64	33,28	43,80	38,57	8,5	6,4	9,0	8,0	249	243	267
2	39,50	32,93	43,83	38,75	9,2	6,2	9,0	8,1	272	271	312
3	38,03	31,04	43,87	37,65	10,9	7,2	9,7	9,3	429	553	563
4	36,79	31,07	44,73	37,53	10,2	7,3	9,6	9,0	386	542	527
5	39,41	32,62	44,51	38,85	9,0	6,3	9,3	8,2	315	342	389
6	38,22	31,25	43,33	37,60	10,9	6,5	9,4	8,9	360	512	525
7	38,84	31,8	43,52	38,05	11,0	6,9	9,7	9,2	419	571	572
Содержание P ₂ O ₅ (240–350 мг/кг почвы) и K ₂ O (220–350 мг/кг почвы)											
1	39,02	32,38	43,36	38,25	9,4	6,6	9,5	8,5	283	334	342
2	40,11	32,04	45,27	39,14	9,7	6,4	9,5	8,5	298	358	373
3	39,22	31,13	44,69	38,35	9,9	7,4	9,5	8,9	430	630	580
4	38,88	31,13	44,65	38,22	10,0	6,8	9,7	8,8	385	562	551
5	40,26	30,45	43,65	38,12	9,2	6,8	9,2	8,4	363	357	429
6	38,67	31,46	45,27	38,47	10,6	7,2	9,5	9,1	409	541	534
7	40,13	31,59	44,16	38,63	11,0	7,0	9,7	9,2	404	584	580
8	39,60	31,97	44,42	38,66	10,8	7,2	9,9	9,3	396	601	573
9	37,89	31,95	44,56	38,13	11,0	7,3	10,0	9,4	455	641	621
10	38,73	30,11	43,18	37,34	11,3	6,6	8,9	8,9	347	441	451
HCP ₀₅	1,2	1,0	1,03	0,63	0,7	0,5	0,54	0,36	23,4	23,3	17,8

Масса 1000 семян характеризует крупность и выполненность зерна и относится к физическим свойствам. Выполненность зерна в значительной мере определяется метеорологическими условиями вегетационного периода и минеральными удобрениями. В варианте без удобрений на почве с содержанием P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров. Масса 1000 семян изменялась от 33,28 г в 2012 г. до 43,80 г в 2013 г., разница в весе составила 10,52 г. В среднем за три года при применении азотного удобрения (карбамид) масса 1000 семян достоверно снижалась.

На почве с содержанием P_2O_5 и K_2O на уровне оптимальных параметров в среднем за три года масса 1000 семян изменялась от 37,34 г в варианте без фунгицидов и инсектицидов до 39,14 г при последствии органических удобрений. В варианте без удобрений масса 1000 семян изменялась от 32,38 г в 2012 г. до 43,36 г в 2013 г. – увеличилась на 10,98 г. Под влиянием удобрений масса 1000 семян изменялась значительно меньше и практически при применении минеральных удобрений снижалась по отношению к фону (последствие 40 т/га навоза КРС) и несколько превышала массу 1000 семян полученную на почве с более низкими показателями фосфора и калия (табл. 5).

Для определения потребности в минеральных удобрениях на планируемый урожай и расчетов баланса элементов питания в агрохимической практике используется хозяйственный вынос. При максимальной урожайности зерна на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров хозяйственный вынос элементов питания составил: азот – 115 кг/га, фосфор – 65, калий – 136, кальций – 12 и магний – 15 кг/га. На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров хозяйственный вынос азота, фосфора и калия несколько выше и составил: азот – 124 кг/га, фосфор – 71, калий – 176, кальций – 12 и магний – 14 кг/га. Удельный вынос основных элементов питания с одной тонной зерна и соответствующим количеством соломы, который чаще хозяйственного выноса используется для расчета доз удобрений, в оптимальном по урожайности варианте на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров составил: азот – 17,8 кг, фосфор – 10,1, калий – 21,1, кальций – 1,9 и магний – 2,4 кг; что по азоту, фосфору и калию ниже, чем на другой почве: азот – 18,2 кг, фосфор – 10,5, калий – 25,9, кальций – 1,8 и магний – 2,1 кг (табл. 6).

Таблица 6

Влияние систем удобрения на общий и удельный вынос элементов питания продукцией озимой ржи в среднем за три года

Вариант	Хозяйственный вынос элементов питания, кг/га					Удельный вынос элементов питания, кг/т				
	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Содержание P_2O_5 (110–170 мг/кг почвы) и K_2O (100–160 мг/кг почвы)										
1. Контроль без удобрений	53,1	39,6	60,9	6,3	7,8	15,2	11,3	17,5	1,8	2,2
2. Последствие 40 т/га НКРС – фон	62,0	43,0	69,6	7,0	8,9	15,5	10,8	17,4	1,7	2,2
3. Фон + $P70 + N60+30$	109,2	68,2	113,3	11,9	15,5	17,4	10,8	18,0	1,9	2,5
4. Фон + $K150 + N60+30$	104,8	60,1	127,9	11,2	13,5	17,4	10,0	21,2	1,9	2,2
5. Фон + $P70K150$	77,8	57,3	98,7	8,5	10,7	15,6	11,5	19,8	1,7	2,2

Вариант	Хозяйственный вынос элементов питания, кг/га					Удельный вынос элементов питания, кг/т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
6. Фон + P70K150 + N60+30	103,4	60,4	133,4	11,2	12,4	17,1	10,0	22,0	1,9	2,0
7. Фон + P70K150 + N60+30+ 30 + МикроСтим Медь + PP хлормекват-хлорид	114,7	64,8	135,5	12,4	15,2	17,8	10,1	21,1	1,9	2,4
Содержание P ₂ O ₅ (240–350 мг/кг почвы) и K ₂ O (220–350 мг/кг почвы)										
1. Контроль без удобрений	65,9	48,1	81,8	7,4	9,0	15,5	11,3	19,3	1,8	2,1
2. Последействие 40 т/га навоз КРС – фон	71,6	52,2	85,6	7,2	8,7	15,6	11,4	18,7	1,6	1,9
3. Фон + N60 +30 P40	113,1	72,8	151,4	11,5	13,7	16,9	10,9	22,6	1,7	2,0
4. Фон + K120 + N60+30	108,9	69,9	159,1	10,4	12,2	16,9	10,8	24,6	1,6	1,9
5. Фон + P40K120	81,3	59,5	106,3	7,8	10,3	15,6	11,4	20,4	1,5	2,0
6. Фон + P70K120+N60+30	109,3	68,6	140,4	11,3	12,4	17,6	11,0	22,5	1,8	2,0
7. Фон + P40K120 + N60+30+30	117,0	70,7	170,1	12,0	13,5	18,1	10,9	26,3	1,9	2,1
8. Фон + P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Cu	115,9	68,3	168,3	11,9	13,2	18,2	10,7	26,4	1,9	2,1
9. Фон + P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь + PP	123,5	71,1	176,2	12,1	14,4	18,2	10,5	25,9	1,8	2,1
10. Фон + P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Cu + PP без фунгицидов и инсектицидов	91,5	54,4	108,4	11,1	11,7	17,7	10,5	21,0	2,2	2,3
НСР										

Баланс элементов питания, рассчитанный с учетом поступления с минеральными удобрениями и выносом их с урожаем, показал, что по азоту он положительный только в вариантах опыта с применением N60 + N30 + N30 на обеих почвах.

Отрицательный баланс по азоту, фосфору и калию в вариантах без удобрений и с последствием 40 т/га органических удобрений больше на почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров.

По фосфору баланс отрицательный во всех вариантах опыта на почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров. На почве с содержанием P₂O₅ и K₂O ниже оптимальных параметров баланс по фосфору отрицательный только в вариантах без внесения фосфорных удобрений. Таким образом, при внесении фосфорных удобрений в дозе 70 кг д.в./га обеспечивается положительный баланс по фосфору на почве с содержанием P₂O₅ и K₂O даже ниже оптимальных параметров.

Баланс по калию положительный во всех вариантах при внесении 150 кг д.в./га калийных удобрений на почве с содержанием P₂O₅ и K₂O ниже оптимальных параметров. В вариантах без калийных удобрений баланс по калию отрицательный от –60,9 до –113,9 кг/га. На почве с содержанием калия на уровне оптимальных параметров при внесении 120 кг д.в./га калийных удобрений положительный баланс

по калию обеспечивался только в двух вариантах (при внесении Фон+P40K120 и Фон + P40K120 + N60+30+30 + Микро Стим Медь + PP без фунгицидов и инсектицидов). В остальных вариантах опыта отрицательный баланс по калию изменялся в пределах –20,4 до – 151,4 кг/га) (табл. 7).

Таблица 7

Влияние систем удобрения на баланс азота, фосфора и калия при возделывании озимой ржи на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Азот		Фосфор		Калий	
	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
Содержание P ₂ O ₅ (110–170 мг/кг почвы) и K ₂ O (100–160 мг/кг почвы)						
1. Контроль без удобрений	–53,1	0	–39,6	0	–60,9	0
2. Последействие 40 т/га НКРС – фон	–62,0	0	–43	0	–69,6	0
3. Фон + P70 + N60+30	–19,2	82,4	1,8	102,6	–113,3	0
4. Фон + K150 + N60+30	–14,8	85,9	–60,1	0	22,1	117,3
5. Фон + P70K150	–77,8	0	12,7	122,2	51,3	152,0
6. Фон + P70K150 + N60+30	–13,4	87,0	9,6	115,9	16,6	112,4
7. Фон + P70K150 + N60+30+30 + Микро Стим Медь + PP хлормекватхлорид	5,3	104,6	5,2	108,0	14,5	110,7
Содержание P ₂ O ₅ (240–350 мг/кг почвы) и K ₂ O (220–350 мг/кг почвы)						
1. Контроль без удобрений	–65,9	0	–48,1	0	–81,8	0
2. Последействие 40 т/га навоз КРС – фон	–71,6	0	–52,2	0	–85,6	0
3. Фон + N60 + 30 P40	–23,1	79,6	–32,8	54,9	–151,4	0
4. Фон + K120 + N60+30	–18,9	82,6	–69,9	0	–39,1	75,4
5. Фон + P70K120	–81,3	0	–19,5	67,2	13,7	112,9
6. Фон + P40K120 + N60+30	–19,3	82,3	–28,6	58,3	–20,4	85,5
7. Фон + P40K120 + N60+30+30	3,0	102,6	–30,7	56,6	–50,1	70,5
8. Фон + P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь	4,1	103,5	–28,3	58,6	–48,3	71,3
9. Фон + P40K120 + N60+30+30 + Микро Стим Медь + PP	–3,5	97,2	–31,1	56,3	–56,2	68,1
10. Фон + P40K120 + N60+30+30 + Микро Стим Медь + PP без фунгицидов и инсектицидов	28,5	131,1	–14,4	73,5	11,6	110,7

*ИБ – интенсивность баланса.

ВЫВОДЫ

Таким образом, при возделывании озимой ржи диплоидного сорта Офелия на дерново-подзолистой супесчаной почве с разным содержанием фосфора и калия (на уровне оптимальных параметров и ниже этого уровня) применение минеральных удобрений на фоне последействия 40 т/га органических удобрений оказало разное влияние на урожайность и качество зерна.

В среднем за три года (2011–2013 гг.) на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров максимальная урожайность зерна озимой ржи

64,3 ц/га формировалась при применении системы удобрения P70K150 + N60 + N30 + N30 + МикроСтим Медь + PP(хлормекват-хлорид) на фоне 2-го года последействия 40 т/га органических удобрений. Сбор белка при указанной системе удобрения составил 572 кг/га. Удельный вынос основных элементов питания с одной тонной зерна и соответствующим количеством соломы в оптимальном по урожайности варианте составил: азот – 17,8 кг/т, фосфор – 10,1, калий – 21,1, кальций – 1,9 и магний – 2,4 кг/т. От применения дополнительной дозы N30+хелатного микроудобрения МикроСтим Медь и PP (хлормекват-хлорид) урожайность зерна озимой ржи повысилась на 3,7 ц/га.

На почве с оптимальным содержанием фосфора и калия максимальная урожайность зерна озимой ржи 67,9 ц/га формировалась при применении P40K120 + N60 + N30+ N30 + МикроСтим Медь + PP (хлормекват-хлорид) на фоне последействия (2-й год) 40 т/га органических удобрений. При этом сбор белка составил 621 кг/га. Удельный вынос основных элементов питания в максимальном по урожайности варианте составил: азот – 18,2 кг/т, фосфор – 10,5, калий – 25,9, кальций – 1,8 и магний – 2,1 кг/т.

При применении P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь + PP (хлормекват-хлорид) на почве с оптимальным содержанием фосфора и калия без фунгицидов и инсектицидов урожайность зерна в годы исследований, практически была на одном уровне 51,3–52,0 ц/га. В среднем за три года недобор зерна и сбора белка составил 16,3 ц/га и 170 кг/га соответственно.

Максимальная в опыте урожайность зерна озимой ржи Офелия при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров в среднем за три года на 54,3% формировалась за счет почвенного плодородия; последействие 40 т/га органических удобрений обеспечило 7,8%, доля фосфорных и калийных удобрений составила 15,4%. Высока роль азотных удобрений в формировании урожайности зерна диплоидного сорта – 22,5%. Роль почвенного плодородия в формировании урожайности зерна озимой ржи на почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров составила 62,4%, что на 8,1% выше, чем на почве с более низким содержанием P_2O_5 и K_2O . При этом значение последействия органических удобрений, действия азотных, фосфорных и калийных снижается до 37,6% против 45,7% на почве с содержанием P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Озимая рожь: сорта и технология возделывания / Э.П. Урбан [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. мат. 2-е изд. – Минск, 2007. – С.103–115.
2. Привалов, Ф.И. Озимая рожь: состояние и резервы повышения урожайности / Ф.И. Привалов // Земляробства и ахова раслін. – 2008. – № 5. – С. 3–6.
3. Голуб, И.А. Технологии возделывания озимой ржи в РБ / И.А. Голуб. – Жодино, 1994. – 28 с.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков и др. – Минск: Бел. наука, 2005. – 460с.

5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Мельник, В.И. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / В.И. Мельник, М.А. Гольберг. – Минск, 1985. – 450 с.

EFFECTIVENESS OF FERTILIZER SYSTEMS FOR WINTER RYE GROWING ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, A.A. Gracheva, S.M. Shumak

Summary

Yield and quality of diploid variety of winter rye Ofelia cultivated on Luvisol loamy sand soil characterized by different phosphorus and potassium supply are discussed.

The largest grain yield winter rye 67,9 c/ha was obtained on soil with optimal contents of phosphorus and potassium mobile forms as a result of application of P40K120 + N60+30+30 + MicroStim Copper + PP (Chlormecvat-chloride) on the background of aftereffect (2th year) of 40 t ha⁻¹ of FYM. Specific removals of the main nutrients were as follows: N – 18,2, P – 10,5, K – 25,9, Ca – 1,8 and Mg – 2,1 кг/т. The N, P and K balances were negative.

Поступила 11.05.16

УДК 631.8:633.12:631.445.2

ВЛИЯНИЕ ЗАПАШКИ ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГРЕЧИХИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

**Т.М. Кирдун, Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, О.М. Бирюкова,
Ю.А. Белявская, М.М. Торчило**

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Гречиха является одной из основных крупяных культур, возделываемых в Республике Беларусь. Зерно гречихи используют для продовольственных, технических и кормовых целей, а в вегетационный период – это отличный медонос [1, 2].

Гречиха – культура малотребовательная к почвенному плодородию и способна формировать урожай даже на бедных почвах. Лучшие предшественники – удобренные озимые, зернобобовые, пропашные и многолетние травы [3].

В 2015 г. гречиха в Республике Беларусь возделывалась на площади 12,3 тыс. га (63,5% к 2014г.), урожайность зерна составила 9,1 ц/га. Важным ус-

ловием формирования высокопродуктивных посевов гречихи является применение оптимальных доз минеральных удобрений. Однако, в связи с недостатком финансов в сельскохозяйственных организациях республики, дозы минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры снижаются. Так, в 2015 г. под гречиху на 1 га внесено с минеральными удобрениями 108 кг д.в. NPK или 52,7% к 2014 г. Поэтому назрела необходимость учитывать все альтернативные источники поступления элементов питания в почву.

В последние годы в республике измельчается на удобрение около 10 млн тонн соломы. С 1 тонной сухой соломы кроме 470 кг углерода в почву поступают элементы минерального питания, количество которых зависит от вида соломы: N – 4,7–12,0 кг, P₂O₅ – 2,8–6,4 кг, K₂O – 14,9–25,0 кг [4, 5]. При этом высвобождаемый из соломы азот поглощается микроорганизмами, которые ее разлагают, и в первый год после заделки в питание растений практически не участвует. Содержащийся в послеуборочных остатках калий находится в легкодоступной для растений форме и может участвовать в питании последующей культуры. Исследованиями зарубежных ученых установлено, что не менее половины содержащегося в соломе злаковых культур фосфора представлено легкоусвояемыми соединениями, т.е. в год действия он может быть эффективнее даже водорастворимых форм фосфорных удобрений [6, 7]. Это позволило предположить, что при заделке соломы предшествующей культуры, можно существенно снизить дозы калийных и фосфорных удобрений под последующую культуру.

Учитывая, что ранее такие исследования в Республике Беларусь не проводились, усовершенствование системы удобрения гречихи, возделываемой по соломе предшественника, является актуальным.

Цель исследований – оценить влияние компенсирующей дозы азота по соломе ячменя и скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом их высвобождения в первый год из соломы, на урожайность гречихи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Стационарный технологический опыт заложен в 2010–2011 гг. в двух последовательно открывающихся полях 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. В опыте предусмотрено следующее чередование культур: кукуруза (2011, 2012 гг.) – подсолнечник (2012, 2013 гг.) – ячмень + сидеральный люпин (2013, 2014 гг.) – гречиха + сидеральный люпин (2014, 2015 гг.) – овес голозерный (2015, 2016 гг.). Дозы минеральных удобрений под изучаемые сельскохозяйственные культуры составляют: кукуруза – N₉₀₊₃₀P₆₀K₁₄₀; подсолнечник – N₉₀P₆₀K₁₂₀; ячмень – N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀; гречиха – N₄₀P₅₀K₉₀; овес голозерный – N₆₀₊₃₀P₅₀K₁₀₀. Предшественник кукурузы – ячмень. Схема опыта приведена в табл. 1.

Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки – 31,2 м² (2,6 × 12), учетная – 22,0 м² (2,2 × 10).

Почва опытного участка перед закладкой полевого опыта характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: рН_{KCl} 5,7–6,0, содержание гумуса – 2,15–2,64%, подвижных форм P₂O₅ – 120–160 мг/кг почвы,

K_2O – 135–172 мг/кг, обменных форм CaO – 885–1031 мг/кг, MgO – 172–218 мг/кг почвы.

Согласно схеме опыта в 2014 и 2015 гг. под гречиху в среднем запахано 3,9 т/га соломы ярового ячменя, внесена компенсирующая доза азота в виде карбамида (N_{40}), жидкого навоза КРС (30 т/га). Кроме этого под предшествующие культуры было запахано: в 2010–2011 гг. – 3,1 т соломы ячменя, в 2011–2012 гг. – 6,3 т/га растительных остатков кукурузы, в 2012–2013 гг. – 6,1 т/га растительных остатков подсолнечника, при этом внесены компенсирующие дозы азота в виде карбамида по 30 кг д.в./га (по листостебельной массе подсолнечника 42 кг д.в./га) и жидкого навоза КРС (далее ЖН КРС) по 30 т/га.

Применяемые в опыте органические удобрения имели следующие показатели (в расчете на сухое вещество): жидкий навоз КРС (ЖН КРС): N – 2,87%, P_2O_5 – 2,27%, K_2O – 4,44%, углерод – 30%, влажность – 95%, отношение C/N – 10; солома ячменя (под кукурузу): N – 0,57%, P_2O_5 – 0,39%, K_2O – 1,50%, углерод – 47,1%, влажность – 16%, отношение C/N – 83; солома кукурузы: N – 1,10%, P_2O_5 – 0,49%, K_2O – 1,72%, углерод – 47%, влажность – 16%, отношение C/N – 43; листостебельная масса подсолнечника: N – 0,71%, P_2O_5 – 0,29%, K_2O – 3,36%, углерод – 43,7%, влажность – 16%, отношение C/N – 49; солома ячменя (под гречиху): N – 0,71%, P_2O_5 – 0,38%, K_2O – 1,41%, углерод – 47,6%, влажность – 16%; отношение C/N – 67.

Минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия внесены весной под предпосевную культивацию. В вариантах 5, 8, 12 и 15, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в соломе предшественников, под кукурузу внесли $N_{90+30}P_{50}K_{100}$, под подсолнечник – $N_{90}P_{40}K_{40}$, под ячмень – $N_{60+30}P_{50}K_0$, под гречиху – $N_{40}P_{40}K_{40}$.

Исследования проводили с гречихой Сапфир. Посев гречихи произведен сеялкой «Sulky» с нормой высева – 2,5 млн шт. всхожих семян/га (80 кг/га). Проведена довсходовая обработка посевов против сорняков гербицидом Гезагард КС (1,2 л/га).

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение $pH_{КС}$ 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 Къельдаля (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – на спектрофотометре (ГОСТ 28901–91 (ИСО – 6490/2–83), калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97).

Экономическая эффективность рассчитана согласно методике определения экономической эффективности [8]. Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы MS Excel.

В период возделывания гречихи метеорологические условия в 2014 г. в целом были благоприятны для роста и развития растений: выпало 186 мм осадков, суммарная температура воздуха составила 1872°C, ГТК 1,46; вегетационный период 2015 г. был засушливым: выпало 129 мм осадков, суммарная температура воздуха составила 1939°C, ГТК 0,8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2014 г. при соблюдении элементов технологии возделывания гречихи, за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы получено 20,0 ц/га зерна (табл. 1). Запашка соломы предшествующих культур способствовала повышению урожайности гречихи на 3,8 ц/га по сравнению с неудобренным вариантом. Запашка сидеральной массы люпина увеличила урожайность гречихи на 4 ц/га. Осеннее внесение компенсирующей дозы азота по соломе в виде карбамида было не эффективным. Внесение аналогичной дозы азота весной под предпосевную культивацию обеспечило 2,7 ц/га зерна.

Таблица 1

**Влияние удобрений и сроков дополнительного внесения азота
при запашке соломы ячменя на урожайность гречихи (влажность 14%)**

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			
		2014 г.	2015 г.	Ø	к контролю	от НРК	от соломы с доп. N	от доп. N
1	Без удобрений (контроль)	20,0	11,1	15,5				
2	N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	21,4	13,7	17,5	2,0	2,0		
3	Солома + Сидераты	27,8	17,8	22,8	7,3		7,3	
4	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	28,8	18,6	23,7	8,2	0,9	6,2	
5	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	29,5	19,5	24,5	9,0	1,7		
5	Солома + ЖНКРС, 30 т/га	24,3	21,9	23,1	7,5		7,5	
7	Солома + ЖН КРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	27,1	19,2	23,1	7,6	–	5,6	
8	Солома + ЖНКРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	27,5	24,2	25,8	10,3	2,8		
9	Солома + N ₃₀ весной	26,5	23,6	25,0	9,5		9,5	3,5
10	Солома + N ₃₀ осенью	24,6	21,8	23,2	7,7		7,7	1,7
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	26,8	22,3	24,5	9,0	1,3	7,0	2,8
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	26,8	23,9	25,4	9,9	2,2		3,2
13	Солома	23,8	19,2	21,5	6,0			
14	Солома + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	26,4	16,9	21,7	6,2	0,2		
15	Солома + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	25,5	18,9	22,2	6,7	0,7		
	НСР ₀₅	1,7	1,7	1,7	1,7			

Внесение N₄₀P₅₀K₉₀ в варианте с минеральной системой удобрения не оказало достоверного влияния на урожайность гречихи. В погодных условиях 2014 г. эффективность внесения минеральных удобрений под гречиху выше была на фоне запашки соломы. Так, внесение N₄₀P₅₀K₉₀ на фоне запашки соломы увеличило урожайность гречихи на 2,6 ц/га. Максимальная урожайность гречихи 28,8–29,5 ц/га получена в вариантах с внесением минеральных удобрений на фоне запашки соломы и сидерата.

Вегетационный период 2015 г. характеризовался благоприятными погодными условиями в мае месяце и аномально сухим летом. В результате урожайность зерна гречихи в среднем по опыту была в 1,3 раза ниже по сравнению с 2014 г. Максимальный недобор урожая отмечен в неудобренном варианте и составил 45%, в варианте с минеральной системой удобрения – 36%.

Наибольшая прибавка урожая к неудобренному варианту в 2015 г. получена при удобрении соломой, соломой с жидким навозом КРС, осенним и весенним внесением азота по соломе и составила 7,0 – 8,3 ц/га зерна гречихи. Существенная прибавка урожайности гречихи в вариантах с запашкой соломы наиболее вероятно объясняется улучшением водно-физических свойств почвы.

В вариантах 5, 9, 12 и 15, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в соломе ячменя, которая была запахана под гречиху, урожайность семян в годы исследований была практически на уровне полных доз минеральных удобрений в соответствующих вариантах (вар. 4, 8, 11 и 14). В результате, снижение доз фосфорных удобрений на 10 кг и калийных на 50 кг позволило уменьшить затраты на удобрения на 17 USD/га и соответственно увеличить чистый доход и рентабельность (табл. 2).

Таблица 2

Экономическая эффективность применяемых удобрений при возделывании гречихи на зерно, среднее за 2014–2015 гг.

№ п/п	Вариант	Общие затраты, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1	Без удобрений (контроль)	–	–	–
2	N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	90	–35	–39
3	Солома + Сидераты	70	126	179
4	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	157	63	40
5	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	142	100	70
6	Солома + ЖНКРС, 30 т/га	64	140	218
7	Солома + ЖНКРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	149	56	37
8	Солома + ЖНКРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	138	139	100
9	Солома + N ₃₀ весной	41	214	517
10	Солома + N ₃₀ осенью	37	169	460
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	125	117	94
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	110	154	141
13	Солома	15	146	972
14	Солома + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	100	65	65
15	Солома + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	84	95	113

В среднем за 2 года компенсирующая доза азота по соломе ячменя, внесенная осенью, обеспечила рост урожайности гречихи на 1,7–3,2 ц/га, при внесении весной – на 3,5 ц/га. Максимальная в опыте урожайность гречихи 24,5–25,8 ц/га получена в вариантах, где на фоне заправки соломы и листостебельной массы предшествующих культур (ячмень, кукуруза, подсолнечник, ячмень) внесены компенсирующие дозы азота в виде карбамида, сидерата, жидкого навоза КРС и скорректированные дозы минеральных удобрений.

Содержание азота в зерне гречихи, в зависимости от варианта опыта, изменялось в пределах 1,51–1,81%, фосфора – 0,72–0,91%, калия – 0,70–0,76% (табл. 3). Содержание элементов питания в соломе гречихи было следующим: 0,74–1,07% азота, 0,35–0,50% фосфора, 2,46–3,45% калия.

В зависимости от варианта опыта для формирования урожайности гречихи было использовано из почвы и удобрений 28–68 кг азота, 14–34 кг фосфора, 33–119 кг калия (табл. 4). В результате нормативный вынос элементов с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы в удобренных вариантах составил 24,2 кг азота, 11,3 кг фосфора, 36,4 кг калия.

Таблица 3

Влияние удобрений на химический состав зерна и соломы гречихи, среднее за 2014–2015 гг.

№ п/п	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
1	Без удобрений (контроль)	1,51	0,81	0,73	0,74	0,35	2,46
2	N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	1,76	0,89	0,75	1,07	0,42	2,75
3	Солома + Сидераты	1,70	0,90	0,73	0,79	0,39	2,96
4	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	1,80	0,86	0,74	0,99	0,43	3,26
5	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1,78	0,78	0,71	0,97	0,41	3,09
6	Солома + ЖН КРС, 30 т/га	1,68	0,88	0,72	0,92	0,47	3,27
7	Солома + ЖН КРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	1,81	0,81	0,74	0,98	0,50	3,45
8	Солома + ЖН КРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1,80	0,91	0,76	0,96	0,49	3,39
9	Солома + N ₃₀ весной	1,73	0,85	0,72	0,93	0,36	2,70
10	Солома + N ₃₀ осенью	1,65	0,79	0,71	0,84	0,37	2,87
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	1,76	0,76	0,70	0,94	0,42	3,11
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1,71	0,81	0,71	0,95	0,40	2,76
13	Солома	1,57	0,91	0,75	0,80	0,38	2,68
14	Солома + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	1,72	0,83	0,74	0,92	0,42	3,05
15	Солома + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	1,71	0,72	0,75	0,95	0,42	3,06
	HCP ₀₅	0,11	0,06	0,06	0,06	0,04	0,22

Таблица 4

Влияние удобрений на общий и удельный вынос элементов питания с урожаем гречихи, среднее за 2014–2015 гг.

№ п/п	Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Без удобрений (контроль)	28	14	33	17,7	9,0	21,2
2	N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	42	19	49	23,8	10,9	28,1
3	Солома + Сидераты	48	24	64	20,8	10,6	28,1

№ п/п	Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
4	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	63	28	98	26,4	11,9	41,3
5	Солома + Сидераты + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	62	27	90	25,3	10,8	36,8
6	Солома + ЖНКРС, 30 т/га	56	29	96	24,3	12,5	41,7
7	Солома + ЖНКРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	61	29	103	26,3	12,5	44,4
8	Солома + ЖНКРС, 30 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	68	34	119	26,4	13,3	45,9
9	Солома + N ₃₀ весной	62	28	86	24,8	11,1	34,2
10	Солома + N ₃₀ осенью	52	24	79	22,4	10,3	33,9
11	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	62	27	97	25,4	11,0	39,5
12	Солома + N ₃₀ осенью + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	62	28	88	24,6	11,0	34,7
13	Солома	45	24	65	20,8	11,2	30,4
14	Солома + N ₄₀ P ₅₀ K ₉₀	50	24	72	23,0	10,9	33,3
15	Солома + N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀	54	23	82	24,2	10,4	36,8
Среднее по удобренным вариантам					24,2	11,3	36,4

В результате исследований установлено, что в среднем за 2 года урожайность соломы гречихи в опыте составила 24,4 ц/га. После уборки гречихи в почву с этим количеством соломы возвратилось 0,9 т углерода, 18,8 кг азота, 8,6 кг фосфора, 60,7 кг калия. Данное количество элементов питания необходимо учитывать при планировании доз внесения минеральных удобрений под последующую культуру севооборота.

ВЫВОДЫ

1. В среднем за два года при возделывании гречихи на дерново-подзолистой супесчаной почве максимальная урожайность 24,5–25,8 ц/га была сформирована в вариантах с применением скорректированных доз минеральных удобрений на фоне действия и последействия соломы и листостебельной массы предшествующих культур с компенсирующими дозами азота в виде карбамида, сидерата и жидкого навоза КРС.

2. В варианте с запашкой побочной продукции предшественников без компенсирующих доз азота в среднем за два года получено зерна гречихи 21,5 ц/га, что на 6 ц/га выше, чем в неудобренном варианте. Внесение дополнительного азота по растительным остаткам предшествующих культур обеспечило прибавку урожайности зерна на 3,5 ц/га при весеннем его внесении и 1,7 ц/га при осеннем внесении. В вариантах с внесением NPK под гречиху дополнительное внесение азота по соломе увеличило урожайность на 2,8–3,2 ц/га.

3. За счет снижения доз фосфорных и калийных удобрений с учетом содержания фосфора и калия в соломе ячменя, запаханной под гречиху, позволило снизить затраты на удобрения на 17USD/га, или на 17%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеева, Е.С.* Генетика, селекция и семеноводство гречихи / Е.С. Алексеева, З.П. Паушева. – 2-е изд., перераб. и доп. – К: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 208 с
2. *Анохина, Т.А.* Гречиха и пчела – взаимная польза / Т.А. Анохина, Е.И. Дубовик // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 108(43). – С. 69–72
3. *Дулов, М.И.* Формирование урожая и качества зерна крупяных культур в Поволжье / М.И. Дулов, В.Н. Сысоев, А.В. Волкова. – Самара: СамВен, 2006. – 192 с.
4. Высвобождение элементов питания при заделке соломы в дерново-подзолистые почвы в зависимости от ее видового состава и удобрения азотом / Т.М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2013. – № 3 – С. 52–59.
5. *Серая, Т.М.* Солома – тоже удобрение / Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Белорусская нива. – 2013. – № 210. – С. 3.
6. *Wagar, B.I.* Changes with time in the form and availability of residual fertilizer phosphorus on chernozemic soils / B.I. Wagar, J. W.B. Stewart, J.O. Moir // *Canad. J. of Soil Sci.* – 1986. – V. 66. – № 1. – P. 105–119.
7. *Halloran, J.P.* Spatial variability of soil phosphorus as influenced by soil texture and management / J.P. Halloran, R.G. Kachanoski, J. W.B. Stewart // *Canad. J. of Soil Sci.* – 1985. – V. 65. – № 3. – P. 475–487.
8. 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.

INFLUENCE OF PLOWING THE PRECURSOR BY-PRODUCTS AND MINERAL FERTILIZERS DOSES ON BUCKWHEAT PRODUCTIVITY ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

T.M. Kirdun, T.M. Seraya, E.N. Bogatyrova, O.M. Biryukova,
Yu.A. Belyavskaya, M.M. Torchilo

Summary

In studies on sod-podzolic sandy loam soil found that lowering doses of phosphate and potash fertilizers with regard to the content of phosphorus and potassium in the straw plowed barley had ensured the grain yield buckwheat at the level of full doses of mineral fertilizers by a lower cost for fertilizers on 17 USD/ha, or 17%. The use of compensatory nitrogen dose on plant residues of the precursor in the form of urea provided an increase grain yield of buckwheat on 3,5 c/ha in the spring application and 1,7 c/ha in autumn. In the variants with the NPK application under buckwheat additional amounts of nitrogen on straw increased yields an average of 2,8–3,2 c/ha.

Поступила 11.04.16

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ГОРОХА ПОЛЕВОГО

И.Р. Вильдфлуш¹, Г.В. Пироговская², О.И. Мишура¹, О.В. Малашевская¹

¹Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время горох является одной из наиболее распространенных зернобобовых культур. В мировом земледелии он возделывается на всех континентах земного шара и по посевным площадям (около 7 млн га) занимает пятое место после сои, фасоли, арахиса и нута. Для европейских стран горох является основной зернобобовой культурой, которая возделывается на пищевые и кормовые цели на площади около 3 млн га [1]. В Беларуси максимальная посевная площадь гороха была отмечена в 1998 г. и составила 166,9 тыс. га. Однако в последние годы посевные площади под чистыми и смешанными посевами гороха в нашей стране стабилизировались на уровне 80–100 тыс. га.

Ценность гороха заключается в его универсальности. Он может использоваться в пищевом, кормовом, техническом и агротехническом направлениях. В семенах гороха в зависимости от сорта и погодных условий содержится 20–30% белка, 2–2,5% жира, 55–65% безазотистых экстрактивных веществ, 4–5% клетчатки [1, 2, 3].

В опытах БелНИИПА на фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$ урожайность семян гороха при применении молибдена в диапазоне изучаемых доз (0,5–3,0 кг/га) увеличивалась на 1,8–4,3 ц/га, а содержание сырого белка в семенах при максимальной дозе молибдена (3 кг/га) – на 7,3%. При внесении медных удобрений урожайность семян возрастала на 2,8 ц/га, бора – на 0,9 ц/га [4, 5].

В опытах БГСХА, проведенных на дерново-подзолистой почве, некорневая подкормка гороха в фазе бутонизации борной кислотой (200 г/га), молибденовокислым аммонием (150 г/га), сернокислым кобальтом (100 г/га) и комплексным микроудобрением Миком повышала урожайность семян гороха на фоне $N_{50}P_{50}K_{90}$ на 3,3, 2,8, 2,6 и 4,3 ц/га. Наиболее существенное возрастание сырого белка в семенах гороха отмечено при внесении кобальта и молибдена, которое составило 1,08 и 1,10% соответственно [6]. Высокая эффективность молибдена при возделывании гороха связана, прежде всего, с важной ролью молибдена в процессах фиксации атмосферного азота.

Интерес представляет сравнение эффективности различных способов внесения микроэлементов. По обобщенным данным П.И. Анспка [7], при внесении бора в почву урожайность семян гороха возрастала на 2,8 ц, при некорневой подкормке – на 2,1, опрыскивании семян – на 2,2 и опудривании семян – на 0,2 ц/га. При использовании такими же способами, как бора и молибдена – 2,4, 2,5, 2,1 и 2,2 ц/га.

В опытах, проведенных кафедрой агрохимии БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, обработка посевов гороха регуляторами роста агростимулином и эмистимом С повышала урожайность семян с 36,5 ц до 41,1 и 39,5 ц/га, т. е. на 4,5 и 3,0 ц/га. При этом возрастало содержание сырого белка в семенах на 1,0 и 1,1% соответственно [8].

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве кафедрой агрохимии БГСХА исследовалась эффективность применения комплексных удобрений для некорневых подкормок польского производства Эколист для зернобобовых культур (2 л/га), Басфолиар 36 экстра (4 л/га) и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста отечественного производства Витамара (1 л/га), ЭлеГум бора (1 л/га). На фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$ урожайность семян гороха сорта Милениум при внесении Эколиста, Басфолиара 36 экстра, Витамара и ЭлеГум В возрасла на 5,3, 4,7, 4,8 и 4,7 ц/га [9].

Цель исследований – изучение влияния применения новых комплексных специализированных удобрений для допосевого внесения, сочетания минеральных удобрений с регулятором роста экосилом, многокомпонентными удобрениями для некорневых подкормок (Кристалон), комплексными препаратами на основе микроудобрений и регуляторов роста растений (МикроСтим бор) на продукционные процессы, урожайность и качество гороха.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Опыты проводили с горохом полевым (пелюшка) сорт Зазерский усатый на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытного участка имела слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, низкое и среднее содержание гумуса, повышенное и высокое содержание подвижного фосфора, среднее и повышенное – подвижного калия, низкое и среднее – подвижной меди и низкое – цинка (табл. 1). Предшественником гороха был овес.

Таблица 1

Агрохимические показатели почвы опытного участка

рНКСl	Гумус, %	P_2O_5	K_2O	Cu	Zn
		в 0,2 М HCl мг/кг почвы		подвижные формы микроэлементов, мг/кг почвы	
2014 г.					
5,4	1,21	291	238	1,19	2,90
2015 г.					
6,1	1,70	225	186	2,20	–

Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – 4-кратная. Норма высева семян – 1,5 млн всхожих семян на гектар. Сорт Зазерский усатый.

До посева гороха использовали аммофос, хлористый калий и мочевины, а в 5 варианте опыта новое комплексное азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение для зернобобовых культур марки 6–21–32 с 0,16% В и 0,09% Мо.

В фазу бутонизации проводили некорневые подкормки борной кислотой и молибдатом аммония в дозах 50 г бора и 40 г Мо, а также некорневую подкормку – микроудобрением Адоб В в дозе 0,33 л/га, и обработку посевов регулятором роста – Экосил (75 мл/га) и МикроСтим В (содержит в 1 л 5 г азота, 150 г бора, 0,6–8,0 мг/л гуминовых веществ). Применяли две обработки комплексным удобрением Кристалон (Нидерланды). Первая подкормка в фазу выбрасывания усов проводили в дозе 2 кг/га Кристалона желтым марки 13–40–13, который содержит наряду с азотом, фосфором и калием бор (0,025%), медь (0,01%), железо (0,07%), марганец (0,04%), молибден (0,004%), цинк (0,025%). Вторая подкормка Кристалоном особым марки 18–18–18 + 3MgO (бор 0,025%, медь 0,01%, железо 0,07%, марганец 0,04%, молибден 0,004%, цинк 0,025%) проводилась в дозе 2 кг/га в фазу начала образования бобов.

Вегетационный период возделывания гороха полевого в 2014 г. характеризуется как засушливый (ГКТ за 5–8 месяцы составил 1,04, по месяцам был следующий: за май – 1,7, июнь – 0,95, июль – 1,4 и август – 0,11), в 2015 г. – очень засушливый (за 5–8 месяцы – 0,65, за – май – 0,7, июнь – 0,3, июль – 1,1 и август – 0,5).

Определение агрохимических показателей почвы и показателей качества урожая проводили согласно ГОСТ и ОСТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на динамику роста и массу сухого вещества (табл. 2–4).

Таблица 2

Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений на динамику роста и накопление сухого вещества по фазам развития гороха в 2014 г.

Вариант	Высота растений, см				Масса 100 растений, г на сухое вещество			
	Ветвление	Бутонизация	Цветение	Образование бобов	Ветвление	Бутонизация	Цветение	Образование бобов
1. Без удобрений	20,5	38,6	45,8	55,7	40,7	150,0	202,9	272,9
2. N ₁₀ P ₄₀ K ₆₀	25,3	44,1	54,3	64,5	46,4	160,7	242,9	325,0
3. N ₁₈ P ₆₃ K ₉₆ – фон	27,6	48,5	68,6	76,6	50,0	171,4	271,4	350,0
4. N ₃₀ P ₇₅ K ₁₂₀	30,2	52,5	71,2	76,5	52,1	189,3	285,7	371,4
5. АФК с В и Мо (экв. по NPK с 3 вар.)	28,5	50,2	72,1	77,5	51,4	171,4	278,6	367,9
6. Фон + В и Мо	27,3	52,5	73,4	79,2	52,1	177,5	285,1	372,4
7. Фон + Адоб В	27,6	51,0	70,5	80,4	52,1	189,3	303,1	380,1
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	27,4	52,4	72,7	80,3	52,9	192,9	314,3	395,3
9. Фон + Экосил	28,0	49,6	72,5	80,9	51,4	185,7	310,7	387,6
10. Фон + МикроСтим В	27,5	51,7	72,3	79,6	50,7	178,6	307,6	385,0
НСР ₀₅	2,1	3,1	3,7	3,9	2,9	11,0	13,6	15,0

Более интенсивной динамика роста и накопления сухой массы была в удобренных вариантах, как в 2014 и 2015 гг. и в среднем за два года (табл. 2, 3, 4). Наибольшая масса сухого вещества отмечена в вариантах с применением на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ комплексного удобрения Кристалон, микроудобрения в хелатной форме Адоб В и комплексного препарата на основе микроэлементов и регулятора роста МикроСтим В (табл. 4). В этих вариантах опыта отмечена и более высокая урожайность семян гороха.

Таблица 3

**Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений
на динамику роста и накопление сухого вещества
по фазам развития гороха в 2015 г.**

Вариант	Высота растений, см				Масса 100 растений, г на сухое вещество			
	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов
1. Без удобрений	18,8	40,4	55,0	60,9	70,3	161,0	187,5	224,3
2. $N_{10}P_{40}K_{60}$	19,6	46,9	62,4	64,3	83,5	168,5	214,8	327,4
3. $N_{18}P_{63}K_{96}$ – фон	23,4	49,2	62,9	64,5	89,9	178,5	256,5	314,6
4. $N_{30}P_{75}K_{120}$	20,2	46,7	64,5	65,9	78,9	191,5	242,2	338,1
5. АФК с В и Мо (экв. по НРК с 3 вар.)	22,7	51,5	65,7	66,4	91,1	196,8	244,1	343,1
6. Фон + В и Мо	21,8	50,4	63,9	70,2	83,3	196,7	249,0	268,7
7. Фон + Адоб В	22,8	50,7	65,8	68,5	84,8	200,7	265,8	360,5
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	21,9	47,7	66,3	68,2	90,9	212,5	255,6	352,5
9. Фон + Экосил	18,7	46,4	66,1	69,1	78,3	196,3	274,8	288,9
10. Фон + МикроСтим В	21,9	44,5	65,7	67,4	84,2	189,5	267,5	336,4
HCP_{05}	3,2	2,2	2,3	1,9	3,1	3,4	4,3	7,2

Таблица 4

**Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений
на динамику роста и накопление сухого вещества по фазам развития гороха
в среднем за 2014–2015 гг.**

Вариант	Высота растений, см				Масса 100 растений, г на сухое вещество			
	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов	ветвление	бутонизация	цветение	образование бобов
1. Без удобрений	19,7	39,5	50,4	58,3	55,5	155,5	195,2	248,6
2. $N_{10}P_{40}K_{60}$	22,5	45,5	58,4	64,4	65,0	164,6	228,9	326,2
3. $N_{18}P_{63}K_{96}$ – фон	25,5	48,9	65,8	70,6	70,0	175,0	264,0	332,3
4. $N_{30}P_{75}K_{120}$	25,2	49,6	67,9	71,2	65,5	190,4	264,0	354,8
5. АФК с В и Мо (экв. по НРК с 3 вар.)	25,6	50,7	68,9	72,0	71,3	184,1	261,4	355,5
6. Фон + В и Мо	24,6	51,5	68,7	74,7	67,7	187,2	267,1	320,6

Окончание табл. 4

Вариант	Высота растений, см				Масса 100 растений, г на сухое вещество			
	ветв- ле- ние	буто- низа- ция	цвете- ние	обра- зова- ние бобов	ветв- ле- ние	буто- низа- ция	цвете- ние	обра- зова- ние бобов
7. Фон + Адоб В	25,2	50,9	68,2	74,5	68,5	195,0	284,5	370,3
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	24,7	50,1	69,5	74,3	71,9	202,7	285,2	373,9
9. Фон + Экосил	23,4	48,0	69,3	75,0	64,9	191,0	292,8	338,3
10. Фон + МикроСтим В	24,7	48,1	69,0	73,5	67,5	184,1	287,6	360,7
НСР ₀₅	1,9	1,9	2,1	2,1	2,1	5,1	6,4	7,9

Минеральные удобрения существенно повышали урожайность семян гороха. Внесение до посева $N_{10}P_{40}K_{60}$ увеличивало урожайность семян по сравнению с контролем в 2014 г. на 10,9 ц/га, в 2015 г. – на 14,7 ц/га, в среднем за 2014 и 2015 гг. – на 12,8 ц/га (табл. 5–7). Достаточно высокой была в этом варианте и окупаемость 1 кг NPK кг семян, которая составила в среднем за 2 года 11,5 кг. Увеличение доз минеральных удобрений до $N_{30}P_{75}K_{120}$ способствовало дальнейшему повышению урожайности семян гороха, но при этом несколько снижалась окупаемость 1 кг NPK кг семян (табл. 5–7).

Таблица 5

Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста растений на урожайность и качество семян гороха в 2014 г.

Вариант	Урожай- ность, ц/га	При- бавка к контро- лю, ц/га	При- бавка к фону, ц/га	Окупае- мость 1 кг NPK, кг семян	Масса 1000 семян, г	Сырой бе- лок, %
1. Без удобрений	18,1	–	–	–	225,6	23,5
2. $N_{10}P_{40}K_{60}$	29,0	10,9	–	9,9	245,7	25,0
3. $N_{18}P_{63}K_{96}$ – фон	32,7	14,6	–	8,2	251,1	24,7
4. $N_{30}P_{75}K_{120}$	35,3	17,2	–	7,6	251,2	24,6
5. АФК с В и Мо (экв. по NPK с 3 вар.)	34,3	16,2	1,6	9,1	251,8	25,6
6. Фон + В и Мо	34,3	16,2	1,6	9,1	253,7	25,9
7. Фон + Адоб В	37,3	19,2	4,6	10,8	250,9	25,1
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	38,5	20,4	5,8	11,5	254,4	24,1
9. Фон + Экосил	38,0	19,9	5,3	11,2	253,1	24,3
10. Фон + МикроСтим В	37,8	19,7	5,1	11,1	251,2	25,1
НСР ₀₅	1,4	–	–	–	11,6	0,7

Применение до посева АФК с В и Мо для зернобобовых культур по сравнению с вариантом с эквивалентными дозами азота, фосфора и калия, внесенных в форме мочевины, аммофоса и хлористого калия, повышало урожайность семян гороха в среднем за 2014–2015 гг. на 3,5 ц/га.

Эффективными оказались некорневые подкормки микроэлементами (В и Мо) и комплексным удобрением Кристалон. Существенно повышалась урожайность семян при подкормках микроэлементом бором при использовании жидких микроудобрений Адоб В и МикроСтим В. Урожайность семян в этих вариантах опыта в среднем за 2014–2015 гг. возрастала по сравнению с фоном $N_{18}P_{63}K_{96}$ на 4,4 и 4,0 ц/га. При 2-кратной обработке посевов гороха комплексным удобрением Кристалон урожайность семян по сравнению с фоновым вариантом возросла на 5,9 ц/га. Весьма эффективным было и применение регулятора роста Экосил, под влиянием которого урожайность семян гороха в среднем за 2 года возросла по сравнению с фоном $N_{18}P_{63}K_{96}$ на 4,3 ц/га (табл. 7). Наиболее высокая урожайность семян гороха (36,4–38,8 ц/га) и окупаемость 1 кг NPK кг семян (11,3–12,6 кг) отмечены в вариантах с применением АФК с В и Мо, Адоб В, Кристалона и регулятора роста Экосил на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$.

Применение удобрений по сравнению с неудобренным контролем способствовало увеличению массы 1000 семян гороха. Однако существенных различий между вариантами, где применялись микроудобрения и регуляторы роста, по массе 1000 семян гороха не отмечено (табл. 5, 6, 7). Применение удобрений повышало содержание сырого белка в семенах гороха. Некорневая подкормка борными и молибденовыми удобрениями и МикроСтим В по сравнению с вариантом $N_{18}P_{63}K_{96}$ в среднем за два года повышала содержание сырого белка в семенах гороха на 1,6 и 1,4% соответственно.

Таблица 6

Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста растений на урожайность и качество семян гороха в 2015 г.

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг семян	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %
1. Без удобрений	14,7	–	–	–	155,8	21,1
2. $N_{10}P_{40}K_{60}$	29,4	14,7	–	13,4	165,9	20,9
3. $N_{18}P_{63}K_{96}$ – фон	33,0	18,3	–	10,3	167,9	21,9
4. $N_{30}P_{75}K_{120}$	33,9	19,2	0,9	8,5	168,1	23,4
5. АФК с В и Мо (экв. по NPK с 3 вар.)	38,5	23,8	5,5	13,4	172,5	23,3
6. Фон + В и Мо	35,2	20,5	2,2	11,6	171,4	23,8
7. Фон + Адоб В	37,1	22,4	4,1	12,6	172,0	23,3
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	39,0	24,3	6,0	13,7	172,7	23,5
9. Фон + экосил	36,2	21,5	3,2	12,1	172,4	24,1
10. Фон + МикроСтим В	35,9	21,2	2,9	12,0	171,5	24,3
НСР ₀₅	2,8	–	–	–	2,3	2,8

Выход кормовых единиц при применении удобрений существенно возрастал. Наибольшим он был в варианте с применением Кристалона на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ и составил 54,3 ц к. ед. с 1 га (табл. 8).

Таблица 7

Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста растений на урожайность и качество семян гороха в 2014–2015 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг семян	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %
1. Без удобрений	16,4	–	–	–	190,7	22,3
2. N ₁₀ P ₄₀ K ₆₀	29,2	12,8	–	11,5	205,8	23,0
3. N ₁₈ P ₆₃ K ₉₆ – фон	32,9	16,5	–	9,3	209,5	23,3
4. N ₃₀ P ₇₅ K ₁₂₀	34,6	18,2	–	8,1	209,7	24,0
5. АФК с В и Мо (экв. по NPK с 3 вар.)	36,4	20,0	–	11,3	215,2	24,5
6. Фон + В и Мо	34,8	18,4	1,9	10,4	212,6	24,9
7. Фон + Адоб В	37,2	20,8	4,4	11,7	211,5	24,2
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	38,8	22,4	5,9	12,6	213,4	24,5
9. Фон + Экосил	37,1	20,7	4,3	11,7	212,8	24,2
10. Фон + МикроСтим В	36,9	20,5	4,0	11,6	211,3	24,7
НСР ₀₅	1,5	–	–	–	5,0	1,3

Сбор сырого белка был наибольшим в вариантах с обработкой посевов на фоне N₁₈P₆₃K₉₆ комплексным препаратом на основе бора и регулятора роста МикроСтим В и Кристалона, который составил в среднем за 2 года 7,84 и 7,92 ц/га. В этих вариантах опыта был самым большим и выход переваримого протеина (табл. 8).

Таблица 8

Влияние удобрений и регуляторов роста растений на сбор сырого белка, переваримого протеина и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином у гороха в среднем за 2014–2015 гг.

Вариант	Выход к.ед., ц/га	Сбор сырого белка, ц/га	Выход переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином, г
1. Без удобрений	23,0	3,17	2,73	118
2. N ₁₀ P ₄₀ K ₆₀	40,9	5,89	5,06	124
3. N ₁₈ P ₆₃ K ₉₆ – фон	46,0	6,59	5,67	124
4. N ₃₀ P ₇₅ K ₁₂₀	48,5	7,16	6,16	127
5. АФК с В и Мо (экв. по NPK с 3 вар.)	51,0	7,64	6,57	129
6. Фон + В и Мо	48,7	7,43	6,39	132
7. Фон + Адоб В	52,2	7,78	6,69	128
8. Фон + Кристалон (особый + желтый)	54,3	7,92	6,82	126
9. Фон + Экосил	52,0	7,73	6,65	128
10. Фон + МикроСтим В	51,6	7,84	6,74	131

Обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином была выше в вариантах с применением некорневых подкормок МикроСтимом В и микроэлементами бором и молибденом на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ в фазе бутонизации. В этих вариантах опыта обеспеченность кормой единицы переваримым протеином в среднем за 2014 и 2015 гг. составила 131 и 132 г соответственно.

ВЫВОДЫ

1. В среднем за два года (2014–2015 гг.) наиболее эффективной дозой минеральных удобрений под горох полевой оказалась $N_{30}P_{75}K_{120}$, обеспечившая урожайность семян на уровне 34,6 ц/га. При увеличении доз минеральных удобрений (с $N_{10}P_{40}K_{60}$ до $N_{30}P_{75}K_{120}$) снижалась окупаемость 1 кг НРК (с 11,5 до 8,1 кг семян).

2. Применение нового комплексного удобрения с В и Мо для зернобобовых культур повышало урожайность семян гороха на 3,5 ц/га по сравнению с вариантом с эквивалентной дозой ($N_{18}P_{63}K_{96}$) по азоту, фосфору и калию, внесенной в форме стандартных удобрений.

3. Некорневая подкормка на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$ комплексным удобрением Кристалон, Адоб В, Экосил и МикроСтим В повышала урожайность семян гороха на 5,9, 4,4, 4,3 и 4,0 ц/га соответственно. При дозе минеральных удобрений под горох $N_{18}P_{63}K_{96}$ с дополнительной обработкой посевов Кристалоном в дозе 2 кг в два приема, а также Адоб В, Экосил и МикроСтимом В получена урожайность семян в пределах 36,9–38,8 ц/га, выход переваримого протеина – 6,65–6,82 ц/га и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином – 126–131 г.

4. Наиболее высокая урожайность в среднем за 2014–2015 гг. семян гороха (36,4–38,8 ц/га) и окупаемость 1 кг НРК кг семян (11,3–12,6 кг) отмечены в вариантах с применением Кристалона, Адоб В, регулятора роста Экосил, МикроСтим В и АФК с В и Мо на фоне $N_{18}P_{63}K_{96}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тарануха, В.Г.* Горох: значение, биология, технология: пособие / В.Г. Тарануха, С.С. Камасин. – Горки, 2009. – 52 с.
2. *Шпаар, Д.* Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУ «Аинформ», 2000. – 264 с.
3. *Кукреш, Л.В.* Горох (биология, агротехника, использование) / Л.В. Кукреш, Н.П. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1997. – 159 с.
4. *Ковалевич, З.С.* Влияние микроудобрений на урожай и качество гороха на дерново-подзолистых супесчаных почвах БССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / З.С. Ковалевич. – Минск: БелНИИПА, 1986. – 17 с.
5. *Дубиковский, Г.П.* Влияние микроудобрений на урожай гороха на дерново-подзолистой супесчаной почве / Г.П. Дубиковский, З.С. Ковалевич. – Агрохимия. – 1987. – № 5. – С. 76–80.
6. *Tsyganov, A.* The influence of microfertilizers on productivity and quality of peas grain on sward-podzolic soil / A. Tsyganov, I. Vildfluh, O. Mishyra // Annales universitatis / Marial Curie-Skladowska. – Lublin, 2004. – Vol. lix, № 4. – P. 1527–1532.

7. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – Ленинград: Агропроимиздат, 1990. – 272 с.

8. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур: монография / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 276 с.

9. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.

INFLUENCE OF NEW COMPLEX FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS ON BIOMETRIC INDEXES, PRODUCTIVITY AND QUALITY OF FIELD PEAS

I.R. Vildflush, G.V. Pirogovskaya, O.I. Mishura, O.V. Malashevskaya

Summary

Non-root additional fertilization on the background $N_{18}P_{63}K_{96}$ with complex fertilizers of MikroStim B, Kristalon, Adob B, Ecosil increased productivity of seed peas on 5,9, 4,4, 4,3 and 4,0 c/ha, provided seed productivity of 36,9–38,8 c/ha, an obtaining of a digestible protein of 6,7–6,8 c/ha and supply of fodder unit with a digestible protein 126–136g.

Поступила 08.02.16

УДК 631.8:635.21:631.445.2

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СРЕДНЕПОЗДНЕГО СОРТА КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Е.Л. Ионас¹, И.Р. Вильдфлуш¹, Г.В. Пироговская²

¹*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

²*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Существенно повысить урожайность и качество урожая сельскохозяйственных культур можно за счет оптимизации минерального питания, способов внесения удобрений, совместного их применения с микроэлементами [1–4].

Микроэлементам принадлежит разнообразная агрохимическая и физиологическая роль. Положительное действие микроэлементов обусловлено тем, что они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, углеводном и азотном обменах [5–7]. Возрастающая роль микроэлементов объясняется также снижением их подвижных форм в почве в связи с отрицательным балансом, обу-

словленным снижением почвенной кислотности, постоянным выносом урожаями и невнесением микроудобрений в почву [8].

Исследованиями лаборатории микроэлементов в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработана система применения микроэлементов с учетом почвенно-агрохимических условий, биологических особенностей культур, видов и форм микроудобрений, соотношения цен на продукцию и микроудобрения [8].

В современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур во всем мире широкое применение получили комплексные удобрения. Специалистам АПК уже известны марки комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений с добавлением микроэлементов выпускаемые фирмой Fertika (Kemira) российского производства. В Украине известный производитель ОАО «Сумхимпром» производит серию комплексных гранулированных удобрений Супер-агро, содержащих основные питательные элементы, а также микроэлементы. Совместно с РУП «Институт овощеводства» и ООО «Гринтур» разработаны комплексные бесхлорные удобрения для картофеля, бобовых культур, капусты, моркови, свеклы с добавлением микроэлементов и биологически активных веществ, а также комплексные удобрения под основные сельскохозяйственные культуры [9, 10].

Одним из эффективных способов применения микроэлементов является некорневая подкормка растений в период вегетации [5]. Использование некорневых подкормок макро- и микроэлементами в посадках картофеля даже при достаточной обеспеченности почвы этими элементами питания положительно влияют на урожайность и качество культуры [10]. Некорневая подкормка позволяет устранить дефицит микроэлементов в критические фазы роста и развития растений и при возделывании других сельскохозяйственных культур. Это подтверждается в испытаниях, проводимых Институтом почвоведения и агрохимии с удобрениями для некорневой подкормки Басфолиар, Адоб и Солибор ДФ [12].

В учебно-опытном севообороте кафедры земледелия Белорусской сельскохозяйственной академии на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» после применения на картофеле Басфолиара марки 12–4–6 и Солюбора ДФ прибавка урожайности к фону в среднем за два года исследований составила 1,7 и 1,2 т/га соответственно [13].

По данным С.С. Тучина, Н.А. Тимошина и А.В. Кравченко опрыскивание посевов картофеля по вегетирующим растениям комплексным хелатным микроудобрением Микровит-картофельный – рН 5,5 повысило урожайность картофеля на 5,3 т/га на фоне $N_{120}P_{120}K_{150}$. Этот вариант также характеризовался наиболее высокой товарностью клубней и качеством продукции [14].

Некорневые подкормки растений удобрением Нутривант плюс нашли широкое применение в производственной практике на многих культурах и в разных климатических условиях Европы, Израиля, Австралии, Америки, Южной Африки, России, Украины и других стран СНГ. По данным ряда НИИ Российской Федерации и других стран, применение Нутриванта плюс на больших площадях на практике показало, что дополнительные затраты на его использование на различных культурах окупаются в десятки раз. Научные и производственные данные из разных стран показывают, что благодаря Нутриванту плюс можно дополнительно получить 6-8 ц/га озимого рапса и 3-6 ц/га зерновых. Исследования по эффективности

Нутриванта плюс (по маркам) для некорневых подкормок проводили в Институте почвоведения и агрохимии и НПЦ по земледелию на пивоваренном ячмене, сахарной свекле, яровом рапсе, озимой пшенице, кукурузе и картофеле [15–17].

Сортимент новых форм комплексных удобрений постоянно пополняется, а данных по их влиянию на урожайность и качество картофеля, особенно новых сортов, недостаточно.

Впервые на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах северо-восточной части Беларуси были проведены исследования с применением новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок и комплексных препаратов на основе удобрений и регуляторов роста при возделывании картофеля.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты проводили в 2014–2015 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1 м моренным суглинком. В качестве объекта исследований был среднепоздний сорт картофеля Вектор.

Предшественником картофеля были зерновые культуры. Общая площадь делянки – 25,2 м², учетной – 16,8 м², повторность в опыте – четырехкратная, расположение делянок рендомизированое. Под культивацию вносили минеральные удобрения, поделаячно, вручную. Посадку картофеля проводили в 2014 г. 12 мая и 6 мая в 2015 г. четырехрядной картофелесажалкой КСМ-4, семенными клубнями 35–55 мм. Глубина посадки 8–10 см. Способ посадки – гребневой.

Почва опытного участка имела низкое и недостаточное содержание гумуса (1,2–1,7%), кислую реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 5,1–5,3), высокое содержание подвижных форм фосфора (269–318 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (173,3–214,5 мг/кг).

В опытах применяли карбамид (46% N), аммофос (12% N, 52% P₂O₅), хлористый калий (60% K₂O). Из комплексных удобрений для основного внесения использовали азотно-фосфорно-калийное (АФК) удобрение марки N:P:K (16:12:24) с содержанием 0,12% B, 0,15% Cu и 4,0% S, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, а также комплексное бесхлорное органоминеральное гранулированное удобрение для картофеля с содержанием макро- и микроэлементов (N – 6,0%, P₂O₅ – 8,0%, K₂O – 9,0%, MgO – 2,0%, Fe – 0,07%, Mn – 0,1%, Cu – 0,01%, B – 0,025%, массовая доля гуминовых соединений – 2,0%) производимое в России.

Для некорневой подкормки использовали израильское комплексное водорастворимое удобрение Нутривант Плюс (картофельный) с содержанием (N₀ + P₄₃ + K₂₈ + Mg₂ + B_{0,5} + Mn_{0,2} + Zn_{0,2} + фертивант), которое вносили по вегетирующим растениям в дозах по 2,0 кг/га в фазу смыкания ботвы, в фазу бутонизации и в фазу клубнеобразования. В опытах применяли удобрение МикроСтим В, Cu включающее (N – 65 г/л, B – 40 г/л, Cu – 40 г/л, гуминовые вещества 0,6–6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазу начала бутонизации.

Уход за посадками картофеля состоял из трехкратных междурядных обработок культиватором-окучкой с интервалом 10 дней. В 2014 г. до появления всходов

вносили почвенный гербицид Зенкор в дозе (1,0 кг/га), проводили две обработки против фитофтороза препаратом Орвего (0,8 л/га) и одну обработку Акробатом МЦ (2,0 кг/га), инсектицидная обработка проводилась препаратом Актара (0,06 кг/га). В 2015 г. до всходов картофеля использовали почвенный гербицид Зантран в дозе (1,4 л/га), по всходам Фюзилад Форте (1,0 л/га), фунгицидные обработки проводили Орвего (0,8 л/га) и Трайдексом (1,6 кг/га), инсектицидную обработку осуществляли препаратом Вирий (0,3 л/га).

В течение вегетации проводили фенологические, биометрические наблюдения и учеты в соответствии с методикой исследований по культуре картофеля [18].

Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом. Статистическая обработка данных осуществлялась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$) увеличивало урожайность клубней картофеля сорта Вектор по сравнению с неудобренным контролем на 5,0 т/га. Внесение калийных удобрений (K_{135}) в форме хлористого калия на фоне $N_{90}P_{68}$ способствовало возрастанию урожайности клубней на 6,0 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние новых форм удобрений на урожайность картофеля Вектор

Вариант опыта	Урожайность, т/га			Прибавка урожая, т/га		Окупаемость 1 кг д.в. NPK удобрений урожаем клубней, кг
	2014 г.	2015 г.	среднее за 2 года	к контролю	к фону	
1. Без удобрений (контроль)	21,3	22,8	22,1	–	–	–
2. $N_{90}P_{68}$	25,3	28,8	27,1	5,0	–	32
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$	31,0	35,1	33,1	11,0	–	38
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее удобрение)	33,2	43,2	38,2	16,1	–	55
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – бесхлорное удобрение)	34,5	43,6	39,1	17,0	–	58
6. Фон – $N_{120}P_{70}K_{130}$	27,0	43,1	35,1	13,0	–	41
7. Фон + МикроСтимВ, Си	28,9	47,9	38,4	16,3	3,3	51
8. Фон + Нутривант плюс	30,5	48,7	39,6	17,5	4,5	55
9. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	33,3	49,5	41,4	19,3	–	52
НСР ₀₅	1,7	2,6	1,5	–	–	–

Внесение до посадки картофеля $N_{90}P_{68}K_{135}$ и $N_{120}P_{70}K_{130}$ по сравнению с неудобренным контролем повышали урожайность клубней в среднем за 2014 и 2015 гг. на 11,0 и 13,0 т/га, при окупаемости 1 кг NPK 38 и 41 кг клубней.

Внесение до посадки бесхлорного АФК удобрения и хлорсодержащего по действию на урожайность клубней было равнозначным и повышало ее по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений – на 5,1 и 6,0 т/га. Окупаемость 1 кг NPK кг клубней при внесении бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения составила 58 и 55 кг, что по сравнению с применением стандартных удобрений возросла на 20 и 17 кг соответственно.

Максимальная продуктивность картофеля (41,4 т/га) в среднем за два года исследований была получена от некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$. В этом варианте окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней составила 52 кг.

При использовании Нутриванта плюс и МикроСтива В, Си на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ прибавка урожайности картофеля к фону составила 4,5 и 3,3 т/га при окупаемости 1 кг NPK кг клубней 55 и 51 кг соответственно.

Применение новых форм комплексных удобрений оказывало положительное влияние на структуру урожая картофеля (табл. 2).

Таблица 2

Влияние новых форм удобрений на фракционный состав клубней картофеля Вектор (среднее за 2014–2015 гг.)

Вариант опыта	Масса клубней по фракциям, г/куст/% от общей массы			Товарность, %
	менее 30 мм	30–60 мм	более 60 мм	
1. Без удобрений (контроль)	71,3/12,4	427,9/76,1	69,5/11,5	87,6
2. $N_{90}P_{68}$	46,5/6,7	506,5/73,3	137,9/20,0	93,3
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$	31,7/3,8	640,4/75,9	171,9/20,3	96,2
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее удобрение)	27,1/2,8	773,9/79,8	168,5/17,4	97,2
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – бесхлорное удобрение)	36,3/3,6	724,6/73,0	232,2/23,4	96,4
6. Фон – $N_{120}P_{70}K_{130}$	31,7/3,6	643,0/72,4	213,0/24,0	96,4
7. Фон + МикроСтим В, Си	31,8/3,3	753,3/77,6	186,2/19,1	96,7
8. Фон + Нутривант плюс	27,5/2,7	684,1/68,2	291,4/29,1	97,3
9. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	27,6/2,6	809,0/76,9	215,9/20,5	97,4

Самый большой выход мелкой фракции клубней менее 30 мм (12,4 %) в структуре урожая был отмечен в контрольном варианте.

Минимальное количество мелких клубней получено при применении Нутриванта плюс как на фоне $N_{130}P_{90}K_{150}$ (2,6%), так и на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ (2,7%) и хлорсодержащего АФК удобрения (2,8%).

Внесение до посадки картофеля хлорсодержащего АФК удобрения способствовало увеличению средней фракции клубней 30–60 мм до 79,8%, что на 6,8 % превышало вариант с использованием АФК бесхлорного удобрения, и на 3,9% фон ($N_{90}P_{68}K_{135}$) по сравнению с внесением в эквивалентной дозе по азоту, фосфору и калию карбамида, аммофоса и хлористого калия.

Несколько меньше доля клубней фракции 30-60 мм была отмечена в вариантах с использованием МикроСтива В, Си (77,6%) и Нутриванта плюс на фоне $N_{130}P_{90}K_{150}$ (76,9%).

Применение Нутриванта плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ снижало выход средней фракции клубней картофеля 30–60 мм до 68,2%, но увеличивало крупную фракцию клубней (более 60 мм) до 29,1%.

В варианте с максимальной урожайностью ($N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс) выход крупной фракции клубней (более 60 мм) составил 20,5 %.

Внесение до посадки картофеля бесхлорного АФК удобрения способствовало увеличению крупной фракции клубней (более 60 мм) до 23,4 %, что на 6,0 % превышало вариант с использованием хлорсодержащего АФК удобрения, и на 3,1 % фон ($N_{90}P_{68}K_{135}$) по сравнению с внесением в эквивалентной дозе по азоту, фосфору и калию карбамида, аммофоса и хлористого калия.

Наиболее высокая товарность клубней картофеля наблюдалась при применении Нутриванта плюс как на фоне $N_{130}P_{90}K_{150}$ (97,4%), так и на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ (97,3%) и хлорсодержащего АФК удобрения (97,2%).

Несколько ниже товарность клубней была получена от использования МикроСтива В, Си (96,7%) и бесхлорного АФК удобрения (96,4%).

Наряду с урожайностью, важным критерием эффективности применяемых удобрений является качество получаемых клубней картофеля. Одним из показателей характеризующих качество картофеля является содержание крахмала (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние новых форм удобрений на содержание крахмала
в клубнях картофеля Вектор**

Вариант опыта	Содержание крахмала, %			Выход крахмала, т/га		
	2014 г.	2015 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	среднее
1. Без удобрений (контроль)	18,9	20,2	19,6	4,0	4,6	4,3
2. $N_{90}P_{68}$	18,7	20,4	19,6	4,7	5,9	5,3
3. $N_{90}P_{68}K_{135}$	18,8	19,1	19,0	5,8	6,7	6,3
4. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – хлорсодержащее удобрение)	18,2	20,2	19,2	6,0	8,7	7,4
5. $N_{90}P_{68}K_{135}$ (АФК – бесхлорное удобрение)	18,5	20,0	19,3	6,4	8,7	7,6
6. Фон – $N_{120}P_{70}K_{130}$	17,5	20,0	18,8	4,7	8,6	6,7
7. Фон + МикроСтивВ, Си	18,4	19,5	19,0	5,3	9,3	7,3
8. Фон + Нутривант плюс	18,6	20,2	19,4	5,7	9,8	7,8
9. $N_{130}P_{90}K_{150}$ + Нутривант плюс	18,4	18,8	18,6	6,1	9,3	7,7
НСР ₀₅	0,6	0,7	0,5	–	–	–

Следует отметить, что содержание крахмала в клубнях картофеля несколько отличалось по годам исследований. Вегетационный период 2015 г. характеризовался теплой погодой и недостаточным выпадением осадков, что способствовало значительному возрастанию количества крахмала в клубнях во всех вариантах опыта.

В среднем за два года исследований наиболее высокое содержание крахмала (19,6%) было отмечено в контрольном варианте и при использовании азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$).

Использование АФК хлорсодержащего и бесхлорного АФК удобрения не изменяло содержание крахмала в клубнях картофеля по сравнению с вариантом, где в эквивалентных дозах были внесены азот, фосфор и калий ($N_{90}P_{68}K_{135}$) в форме стандартных удобрений. Выход крахмала в этих вариантах опыта составил 7,4 и 7,6 т/га и возрос по сравнению с вариантом, где в эквивалентных по NPK внесены карбамид, аммофос и хлористый калий на 1,1 и 1,3 т/га соответственно в связи с возрастанием урожайности.

Применение Нутриванта плюс по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышало содержание крахмала в клубнях картофеля на 0,6%. Выход крахмала в этом варианте был максимальным и составил 7,8 т/га.

Использование МикроСтим В, Си не изменяло содержание крахмала в клубнях картофеля по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$, но увеличивало выход крахмала на 0,6 т/га.

Обработка растений Нутривантом плюс на фоне повышенных доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ по сравнению с его использованием на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ снижала содержание крахмала на 0,8%, а выход крахмала был равнозначным и составил 7,7 и 7,8 т/га.

ВЫВОДЫ

1. Внесение нового комплексного хлорсодержащего удобрения для картофеля марки 16–12–24 с В, Си и S, разработанного Институтом почвоведения и агрохимии и комплексного органо-минерального бесхлорного удобрения для картофеля российского производства с микроэлементами и регулятором роста растений увеличивало урожайность клубней на 5,1 и 6,0 т/га и выход крахмала на 1,1 и 1,3 т/га по сравнению с применением стандартных туков (карбамида, аммофоса и хлористого калия) в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию ($N_{90}P_{68}K_{135}$). Окупаемость 1 кг NPK кг клубней составила 55 и 58 кг, и увеличилась на 17 и 20 кг по сравнению с применением стандартных удобрений.

2. Максимальная продуктивность картофеля (41,4 т/га) в среднем за два года исследований была получена от трехкратной некорневой подкормки Нутривантом плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$ с выходом товарных клубней 97,4%.

3. Применение Нутриванта плюс в качестве некорневой подкормки по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышало урожайность картофеля на 4,5 т/га. В этом варианте наблюдалось максимальное увеличение крупной фракции клубней картофеля (более 60 мм) до 29,1% с товарностью 97,3%, повышение содержания крахмала в клубнях на 0,6% и выход крахмала – на 1,1 т/га.

4. Обработка посадок картофеля МикроСтимом В, Си на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышала урожайность клубней на 3,3 т/га (с 35,1 до 38,4 т/га), окупаемость 1 кг NPK кг клубней – на 10 кг, выход крахмала – на 0,6 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Цыганов, А.Р.* Урожайность и качество озимой ржи в зависимости от применения макро- и микроудобрений в условиях ИЧУСП «Штотц Агро-Сервис» центральной части Республики Беларусь / А.Р. Цыганов, А. . Мастеров, Л.П. Штотц // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 4. – С. 14.
2. *Ионас, В.А.* Система удобрения сельскохозяйственных культур / В.А. Ионас, И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш. – М.: Ураджай, 1998. – 287 с.
3. *Ефимов, В.П.* Система удобрений / В.П. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко; под ред. В.П. Ефимова. – М.: Колос, 1998. – 287 с.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорус. Наука, 2007. – 390 с.
5. *Рак, М.В.* Влияние микроудобрений МикроСтим и МикроСил на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы / М.В. Рак, С.А. Титова, Е.Н. Барашкова // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2(47). – С. 107–111.
6. *Лапа, В.В.* Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2002. – 184 с.
7. Рациональное применение удобрений / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2002. – 324 с.
8. Микроэлементы в почвах Беларуси и применение микроудобрений в современных агротехнологиях / М.В. Рак // Материалы междунар. науч.-практ. конф, посвящ. 130-летию со дня рожд. акад. Я.Н. Афанасьева. – Горки, 2007. – С. 14–17.
9. Комплексные удобрения для сельскохозяйственных культур: перспективные разработки / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – С. 244 – 249.
10. Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры: реком. / В.Г. Пироговская [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 48 с.
11. *Пиуновская, И.И.* Применение регуляторов роста и микроудобрений в питомниках оригинального семеноводства картофеля на дерно-подзолистой супесчаной почве / И.И. Пиуновская, Н.А. Хох // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 5. – С. 56–57.
12. *Лапа, В.В.* Эффективность применения новых удобрений Адоб, Басфолиар и Солибор ДФ при возделывании сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа, М.В. Рак // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – № 1. – С. 28 – 29.
13. *Вильдфлуш, И.Р.* Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И.Р. Вильдфлуш [и др.] – Горки: БГСХА, 2014. – С. 26–28.
14. *Тучин, С.С.* Эффективность некорневых подкормок картофеля хелатными микроудобрениями / С.С. Тучин, Н.А. Тимошина, А.В. Кравченко // Картофель и овощи – 2010. – № 8. – С. 8–9.
15. *Немкович, А.И.* Нутривант плюс – эффективное водорастворимое минеральное удобрение для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур / А.И. Немкович // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 2. – С. 30 – 32.

16. Немкович, А.И. Нутривант универсальный комплексное удобрение для эффективных подкормок / А.И. Немкович // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 5. – С. 65.

17. Немкович, А.И. Осенняя подкормка озимых культур Нутривантом плюс – комплексно и эффективно / А.И. Немкович // Наше сельское хозяйство. – 2010. – № 9. – С. 26–27.

18. Методика исследований по культуре картофеля / НИИ картофельного хозяйства; ред. кол. Н.С. Бацанов [и др.] – М., 1967. – 265 с.

ADOPTION OF NEW FORMS FERTILIZERS IN CULTIVATION MEDIUM LATE POTATOS VARIETY ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAM SOIL

E.L. Ionas, I.R. Vildflush, G.V. Pirogovskaya

Summary

The results of scientific studies on the impact of new forms complex fertilizers for the main application and foliar fertilizing and complex preparations based fertilizers and growth regulators in the cultivation of medium late potatoes Vector are given. The impact of new forms complex fertilizers on crop yields, crop structure and potato quality in the conditions of the north-eastern part of Belarus on sod-podzolic sandy loam soil is shown.

Поступила 03.02.2016

УДК 631.442.2:631.872:631.445.25

ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГУМУСА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Н.А. Ткаченко, В.Н. Шкляр

*ННЦ «Институт земледелия НААН»,
Киевская обл., пгт. Чабаны, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Гумус, который является источником для поддержания биохимических процессов, происходящих в почве, является основным показателем его потенциального плодородия. Содержание общего гумуса и его качественный состав в пахотных почвах Лесостепи зависят в значительной степени от применяемых агротехнических мероприятий, которые нередко ведут к деградации пахотного слоя.

Большое значение в процессах превращения органических веществ на кислых почвах имеет кальций, присутствующий в почвенном поглощающем комплексе. Исследования [1–3] свидетельствуют о том, что влияние известкования на содержание органического вещества и его трансформацию происходит в двух проти-

воположно направленных направлениях. Во-первых, известкование кислых почв улучшает условия жизнедеятельности микроорганизмов и ускоряет разложение некоторых относительно малоустойчивых составляющих почвенного гумуса и тем самым способствует снижению содержания гумуса в почве. С другой стороны, известкование, значительно улучшая развитие сельскохозяйственных растений, увеличивает количество корневых и пожнивных остатков, что остаются в почве, способствует сохранению гумусовых веществ в виде гуматов кальция и других, более сложных органо-минеральных соединений. Итоговым результатом этих двух процессов, в зависимости от конкретных почвенных условий, а также биологических особенностей возделываемых культур, может быть как некоторое небольшое снижение, так и повышение содержания гумуса в почве.

Большинство исследователей ненасыщенных основаниями почв считает, что кальций известки способствует улучшению качества гумуса и замедляет процессы его минерализации, обеспечивает благоприятные условия для разложения растительных остатков и их гумификации, а также предотвращает вымывание гумуса за пределы почвенного профиля. Оптимизация реакции почвенного раствора и наличие свободных карбонатов кальция способствует уменьшению содержания подвижных гуминовых кислот за счет увеличения второй фракции, связанной с кальцием. Таким образом, применение кальцийсодержащих мелиорантов не только способствует оптимизации кислотности и соотношения обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе, но и улучшает гумусное состояние пахотных почв [4–6].

Установлено, что CaCO_3 в кислой среде способствует ускорению гумификации и минерализации сырой органической массы, замедляет процессы минерализации почвенного гумуса. Однако даже в условиях дефицита свежего органического вещества, кальций известки способствует снижению темпов минерализации гумуса [7, 8].

Окультуривание почв приводит к повышению содержания активного коллоидного гумуса, особенно в пахотных слоях почвы. Повышение количества подвижного гумуса в пахотных серых лесных почвах указывает на необходимость систематического использования кальцийсодержащих соединений для насыщения коллоидного комплекса этих почв обменным кальцием и закрепления гумуса. Благодаря известкованию доля углерода подвижных гуминовых кислот в составе его общего содержания в почве уменьшается, что свидетельствует о его большом значении для сохранения запасов гумуса за счет улучшения его качественного состава, в результате чего снижаются потери, связанные с инфильтрацией [9–11].

Цель работы – установить влияние химической мелиорации при различных системах удобрения в севообороте на изменение содержания подвижных гуминовых кислот в пахотном и подпахотном слоях серых лесных почв Правобережной центральной высокой провинции Лесостепи Украины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2013–2015 гг. в ННЦ «Институт земледелия НААН». Стационарный опыт, был заложен в 1992 г. на серой лесной крупнопылевато легкосуглинистой почве. Исходные показатели параметров плодородия почвы (0–20 см): общее содержание гумуса – 1,44%, pH_{KCl} – 4,6, гидролитическая

кислотность – 3,6 мг-экв/100 г почвы, обменные кальций и магний – соответственно 3,9 и 0,58 мг-экв/100 г почвы. Опыт ведется в трех полях семипильного севооборота и включает следующий набор культур: соя, пшеница яровая, гречка, ячмень с подсевом клевера, клевер на зеленый корм (второй укос на сидераты), пшеница озимая, просо. В годы исследований выращивались соя, пшеница яровая, гречка. Схема опыта включает комбинации различных доз минерального и органического удобрения и химической мелиорации. Органические удобрения вносили соответственно полученной урожайности в опытных вариантах в виде побочной продукции предшественника (солома сои и зерновых культур – 3–6 т/га) и сидерата (зеленая масса клевера – 18–22 т/га). Известкование проведено в 1992 г. и повторно перед началом III ротации севооборота по величине гидролитической кислотности полной дозой в количестве – 4,4–5,4 т/га CaCO_3 и 1,5 дозы – 7,3 т/га CaCO_3 . Минеральные удобрения вносили из расчета $\text{N}_{52}\text{P}_{28}\text{K}_{52}$ (одинарная доза), $\text{N}_{78}\text{P}_{42}\text{K}_{78}$ (умеренная доза) и $\text{N}_{104}\text{P}_{56}\text{K}_{104}$ (повышенная доза) на 1 га севооборотной площади. Фосфорные и калийные удобрения вносили под зяблевую вспашку, азотные весной под предпосевную обработку почвы и подкормку. Повторность опыта 4-разовая, площадь посевного участка – 60 м² (10 × 6), учетного – 24 м² (6 × 4). Аналитические работы выполнялись в лаборатории агропочвоведения ННЦ «ИЗ НААН Украины» по следующим методам: общее содержание гумуса – по методу И.В. Тюрина в модификации В.М. Симанова, сжигание – по Б.А. Никитиным (ДСТУ 4289:2004); содержание подвижных гуминовых кислот – по методу И.В. Тюрина в модификации В.И.УА.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение качественного состава гумуса серой лесной крупнопылевато легкосуглинистой почвы показало, что известкование и систематическое внесение удобрений оказывают существенное влияние на содержание подвижных гуминовых кислот.

Результаты исследований (табл. 1) свидетельствуют, что содержание подвижных гуминовых кислот при использовании серой лесной почвы для выращивания сельскохозяйственных культур без внесения удобрений и проведения химической мелиорации составляло в пахотном слое почвы от 18,7 до 20,6% от общего содержания углерода в почве. Колебания содержания подвижных гуминовых кислот на всех вариантах за годы проведенных исследований связаны, как с ежегодной сменой выращиваемых культур в опыте, так и с погодными условиями.

Так, как пожнивные и корневые остатки различных культур отличаются по химическому составу, то интенсивность и направление их трансформации разные, а погодные условия влияя на окислительно-восстановительные реакции в почве определяют условия гумусообразования каждого отдельного года. В условиях периодически промывного водного режима в серых лесных почвах трансформация растительных остатков происходит при кислой реакции почвенного раствора (показатель pH_{KCl} в контрольном варианте в годы проведения исследований составлял в слое почвы 0–20 см – 4,4–4,6, 20–40 см – 4,5–4,6) и низком содержании обменного кальция (соответственно 3,1–3,6 и 2,9–3,3 мг-экв/100 г почвы) в поч-

венном поглощающем комплексе, что приводит к образованию гумуса в форме более простых по химическому строению гуминовых кислот первой фракции (по Тюрину), которые могут вымываться за пределы пахотного слоя.

Таблица 1

Влияние известкования на содержание подвижных гуминовых кислот в серой лесной почве при разных системах удобрения, 0–20 см

Вариант	Год действия извести					
	2013 (8-й)		2014 (9-й)		2015 (10-й)	
	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$
1. Без удобрений (контроль)	0,75	18,7	0,71	19,88	0,69	20,57
2. CaCO_3 (1,0 Нг)	0,78	16,54	0,79	16,92	0,75	16,11
3. NPK	0,78	17,42	0,74	17,34	0,75	18,45
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,92	12,89	0,9	13,78	0,92	14,12
7. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,81	12,17	0,81	12,2	0,82	12,52
13. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,89	13,37	0,89	13,8	0,86	11,06
14. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,5 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,93	9,8	0,92	10,13	0,9	10,86
18. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,82	14,2	0,85	14,01	0,84	13,96
19. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,95	15,95	0,96	15,48	0,94	15,23
$\text{HCP}_{0,95}$	0,013	0,175	0,012	0,189	0,017	0,140

Примечание: 1) CaCO_3 внесено в виде дефеката в 2005 г.; 2) сидерат припахано в год выращивания клевера – 2010 г.

В варианте с применением только минеральных удобрений в одинарной дозе содержание подвижных гуминовых кислот было ниже, чем в контрольном варианте и составило в среднем 17,7% от общего содержания углерода. Уменьшение содержания данной фракции гуминовых кислот можно объяснить ростом урожайности выращиваемых культур на 31% по сравнению с контролем, в результате чего в почве остается большее количество растительных остатков, которые при минерализации обогащают почву кальцием. Содержание обменного кальция в данном варианте колебался от 3,5 до 3,7 мг-экв/100 г почвы в пахотном слое.

Установлено, что кальций извести снижая кислотность почвы и насыщая его почвенный поглощающий комплекс обменным кальцием положительно влияет на условия гумификации растительных остатков и способствует закреплению вновь образованных гумусовых соединений в форме нерастворимых гуматов кальция. Так, во всех вариантах опыта, где проводили химическую мелиорацию произошло снижение содержания подвижных гуминовых кислот. В варианте, где проводили известкование полной дозой по гидролитической кислотности содержание гуминовых кислот первой фракции колебалось от 16,1 до 16,9%, что в среднем на 16% ниже, чем в контрольном варианте без внесения удобрений.

Применение минеральных удобрений на фоне известкования имеет двойное влияние на качественный состав гумуса серой лесной почвы. С одной стороны повышая кислотность и ускоряя выщелачивание обменных оснований приводит к разрушению органо-минеральных связей, способствует вымыванию вновь образованного гумуса, с другой – за счет повышения урожайности с-х культур способствуют привлечению кальция из низлежащих слоев почвы. В наших исследованиях различные дозы минеральных удобрений на фоне известкования по-разному влияли на содержание подвижных гуминовых кислот. При внесении одинарной дозы минеральных удобрений их содержание в среднем составляло 13,6% от общего содержания углерода в пахотном слое почвы. С повышением дозы минеральных удобрений происходило повышение содержания гуминовых кислот первой фракции. Так, при внесении умеренной дозы минеральных удобрений на фоне известкования полной дозой по гидролитической кислотности их содержание колебалось в пределах 13,9–14,2%, а при внесении повышенной дозы достигало 15,9% от общего содержания углерода.

Подобные изменения происходят и в подпахотном слое почвы (табл. 2), где в контрольном варианте содержание подвижных гуминовых кислот составляло 14,4–14,9% от $C_{\text{общ}}$. При минеральной системе удобрения их содержание было ниже, чем на контроле на 24% и колебалось в пределах 10,9–11,2% от $C_{\text{общ}}$, что обусловлено увеличением содержания обменного кальция до 5,1–5,4 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 2

Влияние известкования на содержание подвижных гуминовых кислот в серой лесной почве при разных системах удобрения, 20–40 см

Вариант	Год действия извести					
	2013 (8-й)		2014 (9-й)		2015 (10-й)	
	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{общ}}, \%$	$C_{\text{подв}}, \%$ от $C_{\text{общ}}$
1. Без удобрений (контроль)	0,53	14,43	0,5	14,96	0,5	14,43
2. CaCO_3 (1,0 Нг)	0,67	9,82	0,69	9,06	0,67	10,15
3. NPK	0,67	11,28	0,66	11,14	0,69	10,96
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,68	9,67	0,67	9,34	0,65	9,15
7. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,68	6,14	0,7	7,17	0,68	6,68
13. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,78	6,47	0,77	5,49	0,75	6,4
14. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,5 Нг) + побочная продукция + сидерат	0,78	5,98	0,75	4,62	0,75	6,03
18. 1,5 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,77	9,13	0,78	8,34	0,75	9,64
19. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	0,74	8,54	0,76	8,62	0,74	8,81
$\text{HCP}_{0,95}$	0,016	0,151	0,014	0,161	0,014	0,17

С повышением дозы минеральных удобрений на фоне проведения химической мелиорации в слое 20–40 см происходило снижение содержания гуминовых кислот первой фракции. Так, в варианте, где вносили одинарную дозу минеральных

удобрений на фоне известкования полной дозой по гидролитической кислотности, содержание подвижных гуминовых кислот составляло 9,1–9,6% от $C_{\text{общ}}$, тогда как при применении умеренной и повышенной доз минеральных удобрений их содержание в среднем за годы исследований составляло 9,1 и 8,7% от общего содержания углерода в почве. Это связано с тем, что при повышении доз минеральных удобрений происходит выщелачивание обменного кальция из пахотного слоя и перемещение его в низлежащие слои почвы. Соответственно, с ростом содержания обменного кальция содержание подвижных гуминовых кислот в слое 20–40 см снижается.

Результаты исследований свидетельствуют, что наилучшие условия для трансформации органических веществ и накопление гумуса в серой лесной почве создаются в вариантах с использованием органо-минеральных систем удобрения на фоне известкования различными дозами по гидролитической кислотности. Среднее содержание подвижных гуминовых кислот в пахотном слое в этих вариантах колебалось от 10,2 до 12,7% от общего содержания углерода и от 4,6 до 6,4% в слое 20–40 см. При таких системах удобрения на фоне известкования степень насыщения почвы основаниями даже на 8–10-й годы действия известки была высокой и составляла около 90%, а реакция почвенного раствора (pH_{KCl} 6,3–6,4). Такие физико-химические показатели наиболее благоприятные для преобладания процессов гумификации свежей органической массы, которая постоянно поступает в почву в виде побочной продукции предшественников и сидеральных удобрений. Происходит постепенное накопление гумуса за счет наиболее агрономически ценной второй фракции гуминовых кислот, связанной с кальцием. Такое содержание подвижных гуминовых кислот в пахотном и подпахотном слоях, вовлеченных в интенсивное земледелие серых лесных почв, можно считать оптимальным, так как средняя урожайность с/х культур (табл. 3) в этих вариантах составляла от 4,79 до 4,81 т/га зерновых единиц что на 110–111% больше, чем в контрольном варианте без проведения химической мелиорации и внесения удобрений.

Таблица 3

**Влияние известкования при разных системах удобрения
на продуктивность звена севооборота, т/га зерновых единиц**

Вариант	Соя (2013–2015 гг.)	Пшеница яровая (2014–2015 гг.)	Гречиха (2015 г.)	Средняя	Прибавка от агрохимического фактора, %
1. Без удобрений (контроль)	2,79	2,47	1,60	2,29	–
2. CaCO_3 (1,0 Нг)	3,34	2,82	1,71	2,62	15
3. NPK	4,10	3,04	1,83	2,99	31
4. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг)	4,41	3,63	2,80	3,61	58
7. NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	4,95	3,91	3,49	4,12	80
13. 2 NPK + CaCO_3 (1,0 Нг) + побочная продукция + сидерат	5,97	4,42	3,99	4,79	110

Вариант	Соя (2013–2015 гг.)	Пшеница яровая (2014–2015 гг.)	Гречиха (2015 г.)	Средняя	Прибавка от агрохимического фактора, %
14. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,5 Нг) + побочная продукция + сидерат	5,99	4,55	3,91	4,81	111
18. 1,5 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	5,12	3,98	3,49	4,20	84
19. 2 NPK + CaCO ₃ (1,0 Нг)	5,86	4,47	3,77	4,70	106
НСР _{0,95}	0,22	0,08	0,12	–	–

ВЫВОДЫ

1. Использование серой лесной почвы в интенсивном земледелии без проведения химической мелиорации и внесения удобрений приводит к ухудшению качественного состава гумуса, а именно повышению содержания наименее агрономически ценной, подвижной фракции гуминовых кислот до 18,7–20,6% от общего содержания углерода в пахотном и 14,43–14,96% – в подпахотном слое почвы.

2. Физиологически кислые минеральные удобрения с одной стороны проявляют определенное стабилизирующее действие на подвижный гумус из-за повышения урожайности выращиваемых культур и, как следствие, привлечения большего количества пожнивно-корневых остатков, содержащих в своем составе кальций. Однако, с другой стороны при внесении повышенных доз (N₁₀₄P₅₆K₁₀₄ на 1 га севооборотной площади) минеральных удобрений, почва подкисляется и теряет обменные катионы Ca²⁺ и Mg²⁺ с пахотного слоя, что отрицательно влияет на качественный состав гумуса.

3. Установлено, что известкование оптимизирует физико-химические показатели серой лесной почвы, способствуя преобладанию процессов гумификации органического вещества, что поступает в почву, и закреплению вновь образованных специфических гумусовых соединений в ее верхних слоях. Сохранение и воспроизводство содержания гумуса, улучшение его качественного состава, а именно снижение содержания подвижных гуминовых кислот, в серой лесной почве достигается при применении органо-минеральных систем удобрения на фоне проведения периодического известкования полной и полуторной дозами CaCO₃ по гидролитической кислотности. Содержание подвижных гуминовых кислот в этих вариантах в пахотном и подпахотном слоях снижается в сравнении с контролем на 37–48% и 54–62% соответственно и составляет 10,2–12,7% и 4,6–6,4% от C_{общ.}

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. – М.: Наука, 1965. – 320 с.
2. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: Из-во Академии наук СССР, 1963. – 315 с.
3. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов. – Изд-во Московского университета, 1990. – 325 с.

4. *Небольсин, А.Н.* Теоретическое обоснование известкования почв Северо-Запада Нечерноземной зоны РСФСР: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / А.Н. Небольсин. – Л., 1983. – 38 с.
5. *Небольсин, А.Н.* Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов) / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина. – СПб., 2010. – 241 с.
6. *Мазур, Г.А.* Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів / Г.А. Мазур. – К.: Аграрна наука, 2008. – 305 с.
7. *Мазур, Г.А.* Гумусний стан сірого лісового ґрунту залежно від хімічної меліорації та системи удобрення / Г.А. Мазур, Т.І. Григора, М.А. Ткаченко // Зб. наук. пр. ННЦ «Інститут Землеробства УААН». – К., 2009. – Вип. 1–2. – С. 3–8.
8. *Небольсин, А.Н.* Изменение некоторых свойств почвенного поглощающего комплекса дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под влиянием известкования / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина // Агрохимия. – 1997. – № 10. – С. 5–12.
9. *Муха, В.Д.* Агрочвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. – М.: Колос, 2003. – 528 с.
10. *Ткаченко, М.А.* Залежність стабілізації запасів гумусу сірого лісового ґрунту від вмісту обмінного кальцію / М.А. Ткаченко, Т.І. Григора, В.М. Шкляр // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 5. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2014_5_15.
11. *Ткаченко, М. А.* Відтворення родючості сірих лісових ґрунтів за різних систем удобрення та хімічної меліорації у Правобережному Лісостепу: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.03 / М.А. Ткаченко; НААН України. – К., 2015. – 46 с.

INFLUENCE OF LIMING FOR DIFFERENT FERTILIZATION SYSTEMS ON GREY FOREST SOIL HUMUS QUALITY

N.A. Tkachenko, V.N. Shklyar

Summary

In the article analyzed the research of changes in content of mobile humic acids in grey forest soil of Forest-steppe in conditions of stationary experiment which were obtained by using different agrothechnical measures of soil fertility restoration. Showing the influence of chemical melioration for different fertilization systems on dynamic content of mobile humic acids in arable layer. Long-term use of grey forest soil in agricultural production without liming and fertilizing increases the content of the least agronomically valuable first fraction of humic acids which can be leached beyond the soil profile in conditions of flushing type of water regime. It was established that liming optimize physico-chemical parameters of grey forest soil, contributes to the predominance the processes of organic matter humification that enters to the soil and consolidation of the newly formed specific humic compounds in its upper layers. Preservation and reproduction of humus content, improvement of its qualitative composition namely the reduction of mobile humic acids in gray forest soil is achieved by the use of organo-mineral fertilizing systems against the background of periodic liming full and full and a half doses of CaCO₃ by hydrolytic acidity. The content of mobile humic acids on those variants in the arable and subarable layers reduced in comparison with the control respectively 37–48% and 54–62%, accounting for 10,2–12,7% and 4,6–6,4% of C total.

Поступила 19.04.16

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.И. Сороко, Г.В. Пироговская

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Актуальным направлением в Республике Беларусь остается максимальное развитие травосеяния с увеличением доли бобовых трав в составе травосмесей. Программой развития АПК на 2011–2015 гг. предусматривалось стабилизировать площади посева многолетних трав на пашне на уровне 850 тыс. га. (20% от площади пашни) и было рекомендовано довести долю бобовых и бобово-злаковых трав до 90%, используя в качестве бобового компонента на легких почвах люцerneц, эспарцет и донник [1]. Исследованиями, проведенными ранее, установлено, что с повышением плодородия легких почв в составе травосмесей возможно возделывание очень требовательной к условиям минерального питания люцерны гибридной, отличающейся высокой продуктивностью и засухоустойчивостью. При возделывании на окультуренной рыхлосупесчаной почве люцерна хорошо сохранялась в травосмеси (до 5 лет) и обеспечивала высокие урожаи – в среднем за три года 225 ц/га сухого вещества [2–3]. Очевидно, что высокая окультуренность почв при оптимальном значении pH может нивелировать негативное влияние особенностей почв легкого гранулометрического состава. Украинскими почвоведом [4] установлено, что при окультуривании легких почв складываются благоприятные условия для возделывания требовательных к почвенному плодородию культур. Есть сведения о создании люцерновых травостоев даже на удобренных песчаных почвах, считающихся непригодными для возделывания люцерны [5]. Известно также о положительном действии многолетних трав на свойства почв: под многолетними травостоями со сформировавшейся дерниной инфильтрация нитратного азота меньше в 3,5 раза, оснований – в 7,0, калия – в 24 раза по сравнению с полевыми культурами. В результате под травостоями возрастает интенсивность повторного использования биогенных веществ в продукционных процессах [6].

Исследования Брестской ГОСХОС [7] показали, что люцерна на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных, подстилаемых с глубины 0,3–0,5 м рыхлыми песками почвах более устойчива в травостоях, по сравнению с клевером луговым. Клевер луговой в составе люцерно-клеверо-злаковой травосмеси оказывал слабое влияние на урожайность – всходы его погибли в первый год жизни из-за засухи, на второй год доля его в урожае составила только 3–12%. Люцерна же выпадала из травостоев на седьмой год. В то же время при возделывании люцерны в течение 4–5 лет урожай и качество корма не уступали клеверу 1–2 лет пользования, что позволяло экономить ресурсы за счет перезалужения [8].

Известно, что удобрения оказывают большое влияние на урожай и качество бобово-злаковых травосмесей. Однако, до настоящего времени окончательно не решены вопросы применения удобрений, в большей степени доз органических и азотных, под многолетние бобово-злаковые травосмеси. Существуют различные мнения о величине доз азотных удобрений под бобовые и бобово-злаковые травосмеси, включающие люцерну, клевер и другие. Необходимость применения азотных удобрений и величина дозы зависит от доли бобовых трав в бобово-злаковой травосмеси. Установлено, что при доле бобовых (30–40%) доза азота может составлять 20–30 кг/га д.в. и более [5, 9]. В то же время в опытах с люцерно-злаковыми травосмесями, с долей люцерны 80% и 20% злаковых трав внесение N_{60} под первый укос и N_{60+60} в равных дозах под первый и второй укос обеспечило прибавку в среднем за 4 года – 9,5–10,7 ц/га сухого вещества [10]. В Литве на легких почвах высевают травосмеси с люцерной гибридной, которые при внесении N_{60} по урожаю и качеству незначительно отличались от злаковых травостоев, удобряемых N_{180} [11]. Мало изучены вопросы применения твердых и жидких комплексных удобрений с микроэлементами под люцерну и люцерно-злаковые смеси и влияние их на устойчивость бобовых трав в травосмесях, урожайность и качество продукции.

Цель исследований – изучить влияние разных доз азотных (на фоне РК) и комплексных, а также органических удобрений, на урожайность и качество многолетних бобово-злаковых травосмесей и ценобитическую активность бобового компонента на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния систем удобрения на продуктивность и качество зеленой массы бобово-злаковых травосмесей проводили в 2007–2010 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.

Перед посевом многолетних трав внесен известковый мелиорант в форме доломитовой муки из расчета 5 т/га $CaCO_3$. Исследования по изучению эффективности минеральных удобрений при возделывании многолетних трав проводили на фоне внесения органических удобрений (ОУ) в дозах 30 и 60 т/га. В опыте изучалась эффективность возрастающих доз азотных удобрений (N_{25+25} , N_{35+35} , N_{45+45}) под первый и второй укосы на фоне $P_{60} K_{90}$ (под первый укос) + K_{40} (под второй укос). В качестве твердых минеральных удобрений применяли стандартные туки (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий), комплексные удобрения с добавками микроэлементов марки N:P:K = 7–15–30 ($N_7P_{15}K_{30}$ с $B_{0,08}$ и $Mo_{0,05}$), удобрения жидкие комплексные (для бобовых) марки N:P:K = 5–7–10 с $B_{0,15}$ и $Mo_{0,01}$ (в хелатной форме) для некорневой подкормки в фазу бутонизации – в дозе 4 л/га в первый и второй укосы. Схема опыта состояла из двух блоков, в первом блоке в качестве фона – 30 т/га подстильного навоза, во втором – 60 т/га:

1. Подстильный навоз – фон; 2. Фон + $N_{16}P_{60}K_{90+40}$; 3. Фон + $N_{25+25}P_{60}K_{90+40}$; 4. Фон + $N_{35+35}P_{60}K_{90+40}$; 5. Фон + $N_{45+45}P_{60}K_{90+40}$; 6. Фон + $N_{35}P_{60}K_{90}$ – комплексные NPK с В и Мо (под 1-й укос) + $N_{35}K_{40}$ (под 2-й укос); 7. Фон + $N_{35}P_{60}K_{90}$ – ком-

плексные NPK с В и Мо (под 1-й укос) + $N_{35}K_{40}$ (под 2-й укос) + удобрение жидкое комплексное (для бобовых), 4 л/га, под 1 и 2 укосы.

Повторность вариантов в опытах 4-кратная, площадь делянки – 24 (6x4) м². Предшественник – ячмень + редька масличная (промежуточная культура). Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв (0–25 см) была следующая (среднее по полю): – рН_{KCl} – 5,96, P₂O₅ – 236, K₂O – 239 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,27%; Са – 695, Mg – 123 мг/кг почвы. Содержание подвижных форм бора (H₂O) составило 0,3 мг/кг почвы, кобальта – 0,35, марганца – 0,45, молибдена – 0,1, серы – 6,0, меди – 1,29, цинка – 2,25 мг/кг почвы. Состав бобово-злаковой травосмеси был следующий: клевер луговой – 4,0 кг/га, люцерна – 5,8, лядвенец рогатый – 3,0, овсяница луговая – 10,0, тимофеевка луговая – 4,0 кг/га (40% бобовых в травосмеси). Покровная культура не высевалась.

Полученные данные обработаны дисперсионным методом по Б.А. Доспехову с использованием ПЭВМ [12].

Урожайность зеленой массы бобово-злаковых травосмесей приведена к 80% влажности.

Анализ почвенных и растительных образцов выполнялся в соответствии с общепринятыми методиками.

В почвенных образцах определяли: рН в KCl суспензии – методом ЦИНАО (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову, в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91); обменные катионы (Са⁺⁺, 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 трав определено содержание протеина (Нобщ. х 6,25).

Температура воздуха и осадки приведены по данным наблюдений Гидрометцентра и данным метеорологического пункта в д. Дещенка, в экспериментальной базе им. Суворова Узденского района. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянину.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что урожайность многолетних трав и их качество при возделывании на легких почвах в значительной мере зависит от метеорологических условий и применяемых систем удобрения [13]. Степень влияния погодных условий на продуктивность сельскохозяйственных культур составляет около 50%, а на почвах легкого гранулометрического состава и более [14, 15].

Метеорологические условия вегетационных периодов 2007–2010 гг. приведены в таблице 1.

Вегетационный период при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей (4–9 месяц) в 2007 г. был слабозасушливым (ГТК = 1,06) [16]. Гидротермический коэффициент был очень низким в апреле, июне и в августе. В мае ГТК (1,51) близок к среднемноголетнему (1,59), при этом 53,0% осадков выпадало за

2 дня. В июле ГТК составил 2,44, при среднемноголетнем – 1,65. Это свидетельствовало о том, что растения ощущали недостаток влаги в начальный период роста и развития, а на момент интенсивного накопления сухого вещества в июле ощущался некоторый избыток влаги (табл. 1).

Условия вегетации бобово-злаковой травосмеси в 2008 г. (ГТК = 1,46) позволяют считать год оптимальным. В апреле осадков выпало в 1,5 раза больше нормы, июнь был засушливым, в июле-августе осадки выпадали достаточно равномерно (ГТК = 1,37 и 1,17).

Вегетационный период 2009 г. в целом был влажным (ГТК = 2,03). Май был оптимальным, июнь – очень влажным, в целом за месяц выпало 255 мм осадков, что в 3,1 раза выше среднемноголетних (81 мм). Июль также был влажным. В течение вегетации температура воздуха была на уровне нормы или выше среднемноголетних значений.

В 2010 г. вегетационный период отличался обильным выпадением осадков в мае. В июне и июле осадков выпадало несколько меньше по сравнению со среднемноголетними показателями и в августе – на уровне среднемноголетних значений. В целом влагообеспеченность растений была хорошей, в то время как гидротермический коэффициент за апрель-сентябрь составил 1,31, что позволяет считать условия года оптимальными (табл. 1).

Таблица 1

**Температура воздуха, количество атмосферных осадков
и гидротермический коэффициент за период апрель-сентябрь
при возделывании бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой
рыхлосупесчаной почве в 2007–2010 гг.**

Год	Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	За 4–9 месяц
2007	Осадки, мм	15,0	70,4	42,4	137,0	17,0	16,3	298,1
	t °C	5,5	15,1	18,4	18,1	20,3	13,1	15,1
	C.t ° > 5°	163,9	466,0	552,1	561,5	628,6	393,2	2740,2
	ГТК	0,92	1,51	0,77	2,44	0,27	0,41	1,05
2008	Осадки, мм	72,4	51,8	40,7	78,2	67,0	75,7	385,8
	t °	9,3	11,9	16,6	18,2	18,4	12,4	14,5
	C.t ° > 5°	277,7	369,8	496,5	563,6	570,4	372,5	2650,5
	ГТК	2,61	1,40	0,82	1,39	1,17	2,03	1,46
2009	Осадки, мм	4,6	69,2	255,0	119,3	61,6	34,2	543,9
	t °	9,0	12,5	16,0	19,1	16,7	14,3	14,6
	C.t ° > 5°	269,0	387,7	481,0	591,5	517,8	428,2	2675,2
	ГТК	0,17	1,78	5,3	2,02	1,19	0,80	2,03
2010	Осадки, мм	23,2	89,70	68,9	68,8	88,0	45,8	384,40
	t °	8,8	15,1	18,7	23	21	12,4	16,5
	C.t ° > 5°	265,3	469,2	560,6	713,1	651,5	273,1	2932,8
	ГТК	0,87	1,91	1,23	0,96	1,35	1,68	1,31
Средне- голетнее	Осадки, мм	48	61	81	90	83	59	422,0
	C.t ° > 5°	159,0	384,4	483,0	545,6	505,3	351,0	2428,3
	ГТК	3,02	1,59	1,68	1,65	1,64	1,68	1,74

Бобово-злаковая травосмесь высевалась рано весной (6.04.2007). Обработка гербицидом Базагран (2 л/га) и подкашивание сорняков обеспечили эффективную защиту травостоя, а безпокровный посев способствовал выживаемости травостоя в условиях засухи. В начале вегетационного периода травы развивались медленно, в основном за счет осеннее-зимних запасов влаги. В апреле выпало 15,0 мм осадков (среднегодовое – 48 мм), при этом только один раз осадки были эффективными (более 5,0 мм). До середины мая также было сухо – выпало только 23,1 мм. В этот период многолетние травы страдали от нехватки влаги. Благоприятные погодные условия второй половины мая способствовали укреплению корневой системы трав. Поэтому в последующий бездождный период первой половины июня (лишь 13 июня выпало 8,8 мм осадков) травы сохранились в травостое, выпал только лядвенец. Сохранению травостоя способствовало отсутствие покровной культуры, увеличивающей суммарную транспирацию и дефицит влаги. Во второй половине июня осадки выпадали сравнительно равномерно, в июле – 1,5 месячные нормы, что позволило к уборке (13.08.2007 г.) накопить достаточно высокий урожай сухого вещества (СВ) на фоне органической системы удобрения (30 и 60 т/га ОУ) – 19,7–22,7 ц/га и 22,9–37,0 ц/га – на фоне органоминеральной. Получена прибавка сухого вещества от минеральных удобрений в размере 0,9–14,3 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Влияние систем удобрения на урожайность сухого вещества бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2007–2008 гг. (ц/га)

Вариант	2007 г.	Урожайность						
		1 укос	2 укос	3 укос	сумма за 3 укоса	Прибавка		
						к фону ОУ	к фону РК	от 1 кг NPK, кг СВ
2008 г.								
Фон 1 – 30 т/га навоза								
1. Подстилочный навоз – фон 1	19,7	28,8	26,0	10,0	64,8	–	–	–
2. Фон 1 + N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	24,1	34,3	27,2	14,9	76,4	11,6	–	5,6
3. Фон 1 + N ₂₅₊₂₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	22,9	36,2	27,5	15,0	78,7	13,9	2,3	5,8
4. Фон 1 + N ₃₅₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	23,1	41,9	29,2	17,0	88,1	23,3	11,7	9,0
5. Фон 1 + N ₄₅₊₄₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	29,0	49,3	30,4	14,9	94,6	29,8	18,2	10,6
6. Фон 1 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀	28,8	49,0	32,2	15,6	96,8	32,0	–	12,3
7. Фон 1 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	29,1	52,8	35,4	16,2	104,4	39,6	–	15,2
Фон 2 – 60 т/га навоза								
1. Подстилочный навоз – фон 2	22,7	37,2	27,5	12,3	77,0	–	–	–
2. Фон 2 + N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	23,6	50,6	28,9	14,7	94,2	17,2	–	8,3
3. Фон 2 + N ₂₅₊₂₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	24,9	52,6	29,7	14,0	96,3	19,3	2,1	8,0

Вариант	2007 г.	Урожайность						
		1 укос	2 укос	3 укос	сумма за 3 укоса	Прибавка		
						к фону ОУ	к фону РК	от 1 кг NPK, кг СВ
2008 г.								
4. Фон 2 + N ₃₅₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	27,3	56,8	29,7	14,0	100,5	23,5	6,3	9,0
5. Фон 2 + N ₄₅₊₄₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	25,7	57,7	34,2	15,7	107,6	30,6	13,4	10,9
6. Фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀	28,8	59,3	32,3	15,8	107,4	30,4	–	11,7
7. фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	37,0	61,1	37,7	17,8	116,6	39,6	–	15,2
НСР ₀₅	2,9	5,3	2,5	1,4	3,5	–	–	–

Отдача от 1 кг NPK на фоне 30 т/га органических удобрений составила 1,4–5,1 кг сухого вещества, на фоне 60 т/га – от 0,5 до 7,7 кг. Наблюдалась тенденция роста урожайности с увеличением доз азотных удобрений от N₂₅₊₂₅ до N₄₅₊₄₅. Максимальный урожай отмечен в вариантах с применением твердых комплексных удобрений на фоне 60 т/га навоза и при совместном внесении их с жидкими комплексными удобрениями (в дозе 4 л/га в фазу бутонизации) – 28,8–37,0 ц/га сухого вещества (табл. 2). Ботанический состав трав к уборке (2007) в среднем по опыту был следующим: злаковые травы составили 68,3%, бобовые – 31,7% (люцерна – 18,4, клевер – 13,4%, лядвенец – единично).

Экстремальные погодные условия второй половины вегетации 2007 г. (в августе и сентябре выпало 17,0–16,3 мм осадков (в 4,9–3,6 раза меньше среднегодовой нормы) явились причиной отсутствия второго укоса бобово-злаковой травосмеси.

Погодные условия второго года (2008 г.) были благоприятны для развития трех укосов бобово-злаковых травосмесей. Доля урожая зеленой массы первого укоса в удобренных NPK вариантах составила 44,4–56,5%, второго укоса – 29,6–35,6%, третьего – 13,9–19,5%. Влияние системы удобрения в большей степени проявлялось в более урожайных 1 и 2 укосах. Урожайность сухого вещества в первом укосе на фоне последствия 30 и 60 т/га органических удобрений (первый год) была в пределах 28,8–37,2 ц/га, в вариантах с NPK – 34,3–61,1 ц/га. Стандартные формы удобрений обеспечили прибавку урожая от 5,5 до 20,5 ц/га сухого вещества, комплексные удобрения с микроэлементами (N₃₅P₆₀K₉₀) – 20,2–22,1 ц/га. Некорневые подкормки жидкими комплексными удобрениями (4 л/га) на фоне твердых комплексных NPK обеспечивали повышение урожайности на 1,8–3,8 ц/га сухого вещества в зависимости от фона ОУ (табл. 2). Во втором укосе низкие дозы азотных удобрений были менее эффективными. Прибавка от стандартных и комплексных удобрений снизилась до 0,8–10,2 ц/га сухой массы, что обусловлено засушливыми условиями июня (ГТК = 0,82) и незначительным количеством эффективных осадков (более 5,0 мм) перед уборкой второго укоса (14,3 мм за 19 дней). Некорневая подкормка жидкими

комплексными удобрениями во втором укосе была эффективной, обеспечила дополнительную прибавку 3,2–5,4 ц/га сухого вещества травосмесей и повысила эффективность применяемых минеральных удобрений (табл. 2).

В сумме, за три укоса в 2008 г. урожайность в фоновых вариантах (1-й год последствий органических удобрений 30–60 т/га) составила 64,8–77,0 ц/га сухого вещества, в вариантах со стандартными формами удобрений – 76,4–107,6 ц/га, в вариантах с твердыми и жидкими комплексными удобрениями – 96,8–116,6 ц/га (табл. 2). В период с первого по третий укос трав (2008) ботанический состав травостоя изменился. В первом укосе злаковые травы составляли 65,8%, бобовые – 34,2%, из них клевер – 15,2, люцерна – 19,0%. Во втором и третьем укосах наблюдалась высокая ценотическая активность люцерны, в итоге доля бобовых трав возросла к третьему укосу до 48,9% (люцерна – 40,7, клевер – 8,1%), доля злаковых трав снизилась до 51,1%. Увеличение доли бобовых трав на 14,7% улучшало качество корма, что подтверждается и другими исследованиями (увеличение содержания бобовых в травостое на 1% повышает его продуктивность на 50–80 к.ед.) [10]. Прибавка от фосфорных и калийных удобрений на фоне последствий ОУ в дозах 30–60 т/га составила 11,6–17,2 ц/га сухого вещества, от стандартных удобрений с возрастающими дозами азота – 13,9–30,6 ц/га. Следует отметить, что прибавка сухого вещества от фосфорных и калийных удобрений была значительно выше (в 1,5 раза) на фоне 60 т/га навоза по сравнению с 30 т/га ОУ. Низкие дозы азота N_{25+25} дали наименьшую прибавку сухого вещества (2,1–2,3 ц/га) относительно вариантов с внесением РК ($N_{16}P_{60}K_{90+40}$). С ростом доз азота до N_{35+35} – N_{45+45} прибавка урожая значительно возрастала – до 6,3–18,2 ц/га сухого вещества, при увеличении окупаемости 1 кг NPK от 5,8–8,0 до 10,6–10,9 кг сухого вещества. Прибавка от комплексных удобрений (к стандартным тукам, вар. 6 к вар. 4) составила 6,9–8,7 ц/га (6,8–9,8%), от удобрений жидких комплексных – 7,6–9,2 ц/га (7,9–8,6%). Прибавка от 1 кг комплексных NPK с микроэлементами возросла до 11,7–12,3 кг сухого вещества (на 2,7–3,3 кг к стандартным тукам), от совместного применения твердых и жидких комплексных удобрений – до 15,2 кг сухого вещества (табл. 2).

Увеличение дозы органических удобрений с 30 до 60 т/га увеличило урожайность бобово-злаковой травосмеси на 10,6–17,8 ц/га сухого вещества, отдача от 1 тонны ОУ составила в среднем 46 кг сухого вещества, или 228 кг зеленой массы травосмеси, что находится на уровне окупаемости 1 т органических удобрений урожаем зеленой массы кукурузы (190 кг) [17].

В условиях влажного 2009 г. (ГТК – 2,03) урожайность зеленой массы бобово-злаковой травосмеси была наибольшей из четырех лет исследований. Высокий агрофон (внесение доломитовой муки, органических удобрений, наряду со средними и повышенными агрохимическими показателями) и благоприятные условия увлажнения позволили получить высокий урожай сухой массы во всех трех укосах, не всегда получаемый даже на связанных почвах. Так, на фоне последствий органических удобрений за три укоса получено 127,3–133,7 ц/га сухого вещества, при внесении стандартных удобрений – 158,2–182,5 ц/га. По укосам действие удобрений различалось. В первом укосе с ростом доз азота от N_{25+25} до N_{45+45} урожайность сухой массы повышалась на 1,9–6,9 ц/га, во втором и третьем укосах увеличения урожая от возрастающих доз азота не наблюдалось. В сумме за три укоса при увеличении доз азота от 50 до 90 кг д.в. урожайность

бобово-злаковой травосмеси не повышалась. Прибавка варьировала от 3,1–5,9 ц/га при дозе N_{25+25} до 4,3–8,0 ц/га при возрастающих дозах азота (N_{35+35} – N_{45+45}) (табл. 3).

Окупаемость 1 кг NPK была наиболее высокой при внесении фосфорных и калийных удобрений (вар. 2) – 15,0–19,8 кг сухого вещества (СВ) и при внесении низкой дозы азота N_{25+25} (вар. 3) – 15,3–18,3 кг СВ. Максимальная доза азота N_{45+45} в условиях 2009 г. обеспечила прибавку урожая сухого вещества от 1 кг азота только в первом укосе.

Комплексные удобрения с микроэлементами (В, Мо) были более эффективны по отношению к стандартным тукам (вар. 6 к вар. 4), особенно в первом укосе – прибавка составила 11,9–16,5 ц/га (12,7–18,6%), а в сумме за три укоса – 10,9–25,8 ц/га (6,0–15,9%), от некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с микроэлементами в хелатной форме (для бобовых) прибавка урожайности была более низкой – 3,7–10,8 ц/га (2,0–5,6%) (табл. 3).

Таблица 3

Влияние систем удобрения на урожайность сухого вещества бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2009 г., (ц/га)

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка		
	1 укос	2 укос	3 укос	сумма за 3 укоса	к фону ОУ	к фону РК	от 1 кг NPK, кг СВ
Фон 1 – 30 т/га навоза							
1. Подстилочный навоз – фон 1	69,3	37,1	20,9	127,3	–	–	–
2. Фон 1 + $N_{16}P_{60}K_{90+40}$	85,6	44,0	28,6	158,2	30,9	–	15,0
3. Фон 1 + $N_{25+25}P_{60}K_{90+40}$	88,0	46,7	29,4	164,1	36,8	5,9	15,3
4. Фон 1 + $N_{35+35}P_{60}K_{90+40}$	88,6	49,3	24,6	162,5	35,2	4,3	13,5
5. Фон 1 + $N_{45+45}P_{60}KK_{90+40}$	91,3	47,4	25,8	164,5	37,2	6,3	13,3
6. Фон 1 + $N_{35}P_{60}K_{90}$ с В и Мо + $N_{35}K_{40}$	105,1	50,3	32,9	188,3	61,0	–	23,5
7. Фон 1 + $N_{35}P_{60}K_{90}$ с В и Мо + $N_{35}K_{40}$ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	107,0	53,6	31,4	192,0	64,7	–	24,9
Фон 2 – 60 т/га навоза							
1. Подстилочный навоз – фон 2	68,1	42,1	23,5	133,7	–	–	–
2. Фон 2 + $N_{16}P_{60}K_{90+40}$	87,5	51,0	36,0	174,5	40,8	–	19,8
3. Фон 2 + $N_{25+25}P_{60}K_{90+40}$	90,4	52,1	35,1	177,6	43,9	3,1	18,3
4. Фон 2 + $N_{35+35}P_{60}K_{90+40}$	93,7	55,9	32,5	182,1	48,4	7,6	18,6
5. Фон 2 + $N_{45+45}P_{60}KK_{90+40}$	97,3	53,6	31,6	182,5	48,8	8,0	17,4
6. Фон 2 + $N_{35}P_{60}K_{90}$ с В и Мо + $N_{35}K_{40}$	105,6	53,1	34,3	193,0	59,3	–	22,8
7. Фон 2 + $N_{35}P_{60}K_{90}$ с В и Мо + $N_{35}K_{40}$ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	111,9	57,7	34,2	203,8	70,1	–	27,0
НСР ₀₅	5,5	3,4	1,6	3,9	–	–	–

Учет ботанического состава бобово-злакового травостоя в 2009 г. показал, что к уборке первого укоса бобовые травы доминировали – 66,7%, во втором и третьем укосах – 69,6–76,9%.

Таким образом, при достаточном и равномерном обеспечении влагой в течение теплого вегетационного периода (2009 г.) бобово-злаковая травосмесь способна на рыхлосупесчаной почве обеспечить высокую урожайность сухого вещества: на фоне органических удобрений (последствие, 2-й год) – 127,3–133,7 ц/га, по фону фосфорных и калийных удобрений – 158,2–174,5, при внесении стандартных NPK удобрений – 162,5–182,5, комплексных NPK с В и Мо – 188,3–193,0, при совместном внесении твердых и жидких комплексных удобрений с микроэлементами в хелатной форме – 192,0–203,8 ц/га.

Метеорологические условия 2010 г., способствовали хорошему росту и развитию бобово-злаковой травосмеси. Так, в мае, в период максимального нарастания биомассы первого укоса выпало 89,7 мм осадков, что в полтора раза выше месячной нормы (61,0 мм). Благоприятное, в целом, распределение осадков обеспечило получение (в сумме за три укоса) в вариантах с последствием (3-й год) органических удобрений (30–60 т/га) – 94,9–101,0 ц/га сухого вещества. Внесение фосфорных и калийных удобрений было эффективным, в большей степени на фоне последствия 60 т/га ОУ с прибавкой 28,6–33,1 ц/га и высокой отдачей от 1 кг д.в. – 13,9–16,1 кг сухого вещества. Увеличение доз азотных удобрений не приводило к увеличению урожая бобово-злаковой травосмеси. Так, в варианте $N_{25+25}P_{60}K_{90+40}$ при росте урожайности до 134,9–138,5 ц/га прибавка к фону РК составила 4,4–11,4 ц/га сухого вещества, рост доз азота от N_{25+25} до $N_{35+35} - N_{45+45}$ (вар. 3–5) не приводил к увеличению урожая (130,8–135,7 ц/га), прибавка от азота была в пределах 1,6–9,2 ц/га сухого вещества (табл. 4).

Таблица 4

Влияние систем удобрения на урожайность сухого вещества бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2010 г., (ц/га)

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка		
	1 укос	2 укос	3 укос	Сумма за 3 укоса	к фону ОУ	к фону РК	от 1 кг NPK, кг СВ
Фон 1 – 30 т/га навоза							
1. Подстилочный навоз – фон 1	32,8	33,9	28,2	94,9	–	–	–
2. Фон 1 + $N_{16}P_{60}K_{90+40}$	52,0	40,0	31,5	123,5	28,6	–	13,9
3. Фон 1 + $N_{25+25}P_{60}K_{90+40}$	56,6	42,6	35,7	134,9	40,0	11,4	18,5
4. Фон 1 + $N_{35+35}P_{60}K_{90+40}$	54,1	45,5	33,1	132,7	37,8	9,2	14,5
5. Фон 1 + $N_{45+45}P_{60}K_{90+40}$	52,7	45,9	32,2	130,8	35,9	7,3	12,8
6. Фон 1 + $N_{35}P_{60}K_{90}$ с В и Мо + $N_{35}K_{40}$	58,4	46,7	35,1	140,2	45,3	–	17,4
7. Фон 1 + $N_{35}P_{60}K_{90}$ с В и Мо + $N_{35}K_{40}$ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	61,2	52,3	37,2	150,7	55,8	–	21,5
Фон 1 – 60 т/га навоза							
1. Подстилочный навоз – фон 2	36,6	34,0	30,4	101,0	–	–	–

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка		
	1 укос	2 укос	3 укос	Сумма за 3 укоса	к фону ОУ	к фону РК	от 1 кг NPK, кг СВ
2. Фон 2 + N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	53,8	43,0	37,3	134,1	33,1	–	16,1
3. Фон 2 + N ₂₅₊₂₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	58,7	44,3	35,5	138,5	37,5	4,4	15,6
4. Фон 2 + N ₃₅₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	55,3	46,4	36,4	138,1	37,1	4,0	14,3
5. Фон 2 + N ₄₅₊₄₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	54,4	46,7	34,6	135,7	34,7	1,6	12,4
6. Фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀	60,4	45,7	36,2	142,3	41,3	–	15,9
7. Фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	61,5	52,2	37,7	151,4	50,4	–	19,4
НСР ₀₅	4,9	2,7	1,5	3,4	–	–	–

Комплексные удобрения с В и Мо увеличили урожайность сухой массы в сумме за три укоса по сравнению со стандартными туками (вар. 6, к вар. 4) на 4,2–7,5 ц/га и окупаемость 1 кг NPK от 14,3–14,5 до 15,9–17,4 кг сухого вещества. Совместное внесение твердых и жидких комплексных удобрений (вар. 7) обеспечило максимальный урожай в опыте – 150,7–151,4 ц/га. Прибавка от некорневой подкормки удобрениями жидкими комплексными в первый и второй укос в фазу бутонизации составила 9,1–10,5 ц/га, окупаемость 1 кг удобрений возросла до 19,4–21,5 кг сухого вещества. Следует отметить, что на фоне последствия ОУ в дозе 30 т/га прибавка урожайности от применяемых минеральных удобрений была несколько выше (7,3–11,4 ц/га), чем по фону ОУ в дозе 60 т/га (1,6–4,4 ц/га СВ). Увеличение дозы органических удобрений положительно сказалось на урожайности бобово-злаковой травосмеси. Различие в урожайности сухого вещества на фоне 1 и фоне 2 (третий год последствия ОУ в дозах 30 и 60 т/га) составило 6,1 ц/га сухого вещества (6,4%), а при органо-минеральной системе удобрения в среднем по вариантам опыта – 3,2 ц/га или 2,3% (табл. 4).

При безпокровном посеве многолетних трав представляет интерес среднегодовая продуктивность травосмесей в целом за четыре года (2007–2010 гг.), так как в первый год отсутствует урожай покровной культуры, увеличивающий среднегодовую продуктивность звена севооборота в целом. Результаты исследований показали, что при органической системе удобрения (30–60 т/га) урожайность составила 76,7–83,6 ц/га сухого вещества. Внесение фосфорных и калийных (РК), стандартных NPK, твердых и жидких комплексных удобрений увеличивало урожайность до 95,6–106,6, 100,2–112,0 и 113,5–127,2 ц/га сухого вещества соответственно (табл. 5). Так как в последние два года урожайность в опыте формировалась в основном за счет люцерны сорта Превосходная, приводим ее урожайность по сортоиспытательным станциям – 157,9 ц/га сухого вещества [18].

Изучаемые в опыте дозы азота (N₂₅₊₂₅ – N₃₅₊₃₅) – N₄₅₊₄₅), вносимые под первый и второй укосы, обеспечили в среднем за четыре года исследований практически равный урожай: на фоне 30 т/га органических удобрений – 100,2–104,7 ц/га сухого вещества, с прибавкой от азота 5,6–9,1 ц/га, на фоне 60 т/га ОУ – 109,3–112,0 ц/га, с прибавкой от азота 2,7–5,4 ц/га сухого вещества. Тенденция увеличения урожая

от внесения возрастающих доз азота обусловлена высокой эффективностью азота в 2008 г. и, в меньшей степени, в первом укосе 2009 г., которая определялась относительно высоким содержанием злаковых трав в травостое в эти годы (64–67 и 35–38%) (табл. 5).

Таблица 5

Влияние систем удобрения на урожайность сухого вещества и зеленой массы бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, среднее за 2007–2010 г., (ц/га)

Вариант	Урожайность, ц/га		Прибавка урожая (СВ)			
	сухое вещество	зеленая масса	к фону ОУ	к фону РК	от 1 кг NPK, кг СВ.	от роста доз ОУ
Фон 1 – 30 т/га навоза						
1. Подстилочный навоз – фон 1	76,7	384	–	–	–	–
2. Фон 1 + N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	95,6	478	18,9	–	9,6	–
3. Фон 1 + N ₂₅₊₂₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	100,2	501	23,5	5,6	9,8	–
4. Фон 1 + N ₃₅₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	101,6	509	24,9	6,0	10,3	–
5. Фон 1 + N ₄₅₊₄₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	104,7	524	28	9,1	10,8	–
6. Фон 1 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀	113,5	568	36,8	–	15,3	–
7. Фон 1 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	119,1	596	42,4	–	17,6	–
Фон 1 – 60 т/га навоза						
1. Подстилочный навоз – фон 2	83,6	419	–	–	–	6,9
2. Фон 2 + N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	106,6	534	23,0	–	11,7	11,0
3. Фон 2 + N ₂₅₊₂₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	109,3	547	25,7	2,7	10,8	8,2
4. Фон 2 + N ₃₅₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	112,0	560	28,4	5,4	11,8	10,4
5. Фон 2 + N ₄₅₊₄₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	112,0	561	28,4	5,4	11,0	7,3
6. Фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀	117,9	590	34,3	–	14,2	4,4
7. Фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	127,2	637	43,6	–	18,1	8,1
НСР ₀₅	3,5	17,5	–	–	–	–

Комплексные удобрения с В и Мо были эффективнее стандартных туков, прибавка урожайности составила 5,9–11,9 ц/га, с увеличением окупаемости 1 кг NPK на 2,4–5,0 кг сухого вещества. Некорневые подкормки удобрением жидким комплексным в дозе 4 л/га под 1 и 2 укосы повысили урожайность травосмеси на 5,6–9,3 ц/га с максимальной отдачей от 1 кг удобрений – 17,6–18,1 кг сухого вещества (табл. 5).

Увеличение доз органических удобрений от 30 до 60 т/га, вносимых под бобово-злаковую травосмесь, было эффективным и увеличивало среднегодовую (за 4 года) продуктивность травосмеси на 3,9–11,5% (табл. 5).

Применяемые системы удобрения оказали влияние на качество продукции. Содержание протеина в первый год (2007 г.) было наименьшим из-за высокого

содержания злакового компонента в травосмеси. На фоне органических удобрений содержание протеина было на уровне 9,5–11,1%, при внесении минеральных удобрений повышалось до 10,0–13,1% (табл. 6). В 2008 г. в первые два укоса содержание протеина повышалось незначительно и находилось в вариантах с NPK в пределах 9,1–19,9% (в среднем по вариантам опыта от 11,1 до 14,9%). В дальнейшем, при увеличении доли бобового компонента в травосмеси, содержание протеина повышалось в зависимости от укоса, варианта и года исследований – до 14,6–24,2% (табл. 6).

Изучаемые в опыте дозы азота ($N_{25+25} - N_{35+35} - N_{45+45}$), вносимые под первый и второй укосы, обеспечили в среднем за четыре года исследований практически равный урожай: на фоне 30 т/га органических удобрений – 100,2–104,7 ц/га сухого вещества, с прибавкой от азота 5,6–9,1 ц/га, на фоне 60 т/га ОУ – 109,3–112,0 ц/га, с прибавкой от азота 2,7–5,4 ц/га сухого вещества. Тенденция увеличения урожая от внесения возрастающих доз азота обусловлена высокой эффективностью азота в 2008 г. и, в меньшей степени, в первом укосе 2009 г., которая определялась относительно высоким содержанием злаковых трав в травостое в эти годы (64–67 и 35–38%) (табл. 5).

Комплексные удобрения с В и Мо были эффективнее стандартных туков, прибавка урожайности составила 5,9–11,9 ц/га, с увеличением окупаемости 1 кг NPK на 2,4–5,0 кг сухого вещества. Некорневые подкормки удобрением жидким комплексным в дозе 4 л/га под 1 и 2 укосы повысили урожайность травосмеси на 5,6–9,3 ц/га с максимальной отдачей от 1 кг удобрений – 17,6–18,1 кг сухого вещества (табл. 5).

Увеличение доз органических удобрений от 30 до 60 т/га, вносимых под бобово-злаковую травосмесь, было эффективным и увеличивало среднегодовую (за 4 года) продуктивность травосмеси на 3,9–11,5% (табл. 5).

Применяемые системы удобрения оказали влияние на качество продукции. Содержание протеина в первый год (2007 г.) было наименьшим из-за высокого содержания злакового компонента в травосмеси. На фоне органических удобрений содержание протеина было на уровне 9,5–11,1%, при внесении минеральных удобрений повышалось до 10,0–13,1% (табл. 6). В 2008 г. в первые два укоса содержание протеина повышалось незначительно и находилось в вариантах с NPK в пределах 9,1–19,9% (в среднем по вариантам опыта от 11,1 до 14,9%). В дальнейшем, при увеличении доли бобового компонента в травосмеси, содержание протеина повышалось в зависимости от укоса, варианта и года исследований – до 14,6–24,2% (табл. 6).

Внесение фосфорных и калийных удобрений практически не повышало содержание протеина в травосмеси, в среднем за четыре года исследований этот показатель был на уровне 16,0–16,1%. Внесение разных доз азотных удобрений на фоне РК повышало содержание протеина на 1,0–2,4%. Значительное влияние на повышение содержания протеина оказали комплексные удобрения с микроэлементами, вносимые под первый укос с некорневыми подкормками удобрением жидким комплексным под 1 и 2 укосы. По сравнению со стандартными туками оно увеличивалось на 1,1–1,4%. Некорневые подкормки жидкими комплексными удобрениями способствовали увеличению содержания протеина до 19,4–19,9%, или на 0,8–1,0% выше по сравнению с твердыми комплексными удобрениями.

Таблица 6

Влияние систем удобрения на содержание протеина в зеленой массе бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2007–2010 гг.

Вариант	Содержание протеина, %												Сбор протеина, среднее за 2007–2010 гг., ц/га	
	2007 г.			2008 г.			2009 г.			2010 г.				Среднее за 2007–2010 гг., %
	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос	1 укос	2 укос	3 укос		
	фон 1 – 30 т/га органических удобрений													
1. Подстильный навоз – фон 1	9,5	9,4	9,3	18,4	18,1	20,4	16,3	18,5	17,3	22,0	15,9	12,6		
2. Фон 1 + N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	10,0	9,1	9,3	18,3	18,3	20,7	16,9	19,8	14,6	22,8	16,0	16,0		
3. Фон 1 + N ₂₅₊₂₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	10,1	10,6	11,8	22,5	22,2	21,7	19,3	22,1	19,4	22,2	18,2	19,8		
4. Фон 1 + N ₃₅₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀₊₀	10,3	10,5	12,1	18,8	21,1	21,1	17,9	21,3	17,2	21,7	17,2	19,0		
5. Фон 1 + N ₄₅₊₄₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	11,3	12,2	13,4	18,9	18,9	20,9	17,4	20,7	16,3	20,3	17,0	18,8		
6. Фон 1 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀	11,4	12,6	12,0	22,5	22,7	21,4	18,8	23,1	18,9	22,5	18,6	23,4		
7. Фон 1 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	12,1	13,8	12,5	23,6	23,3	21,8	19,3	24,2	20,3	23,0	19,4	25,5		
Среднее по вариантам	10,7	11,1	11,4	20,3	19,6	21,1	17,9	21,3	17,5	21,4	17,2	19,3		
	фон 2 – 60 т/га органических удобрений													
1. Подстильный навоз – фон 2	11,1	10,3	9,3	19,8	19,7	20,1	17,2	17,2	17,0	21,7	16,3	14,0		
2. Фон 2 + N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	11,5	11,4	9,6	19,5	18,3	20,3	16,8	17,3	16,1	20,3	16,1	17,6		
3. Фон 2 + N ₂₅₊₂₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	12,0	13,4	12,1	22,5	20,3	21,9	18,3	22,4	19,4	23,0	18,5	20,7		
4. Фон 2 + N ₃₅₊₃₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	12,1	15,9	12,3	21,7	20,4	21,1	18,0	19,8	17,3	19,2	17,8	20,1		
5. Фон 2 + N ₄₅₊₄₅ P ₆₀ K ₉₀₊₄₀	12,9	17,8	12,8	19,9	17,9	20,9	18,0	18,2	16,4	20,5	17,5	19,5		
6. Фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀	12,8	16,4	13,1	22,5	21,1	21,3	18,3	21,1	20,2	22,2	18,9	22,8		
7. Фон 2 + N ₃₅ P ₆₀ K ₉₀ с В и Мо + N ₃₅ K ₄₀ + комплексное (для бобовых), 4 л/га	13,1	19,9	14,4	23,0	22,6	22,0	19,7	22,8	19,1	22,1	19,9	25,9		
Среднее по вариантам	11,6	14,9	11,9	21,2	20,4	21,1	18,0	19,6	17,6	22,1	17,8	20,1		
НСР ₀₅	0,6	0,7	0,6	1,0	1,0	1,1	0,9	1,0	0,9	1,1	0,9	–		

Сбор протеина на фоне внесения органических удобрений (30–60 т/га) был минимальным (12,6–14,0 ц/га), внесение фосфорных и калийных удобрений в дозе $P_{60}K_{90+40}$ повышало сбор протеина – до 16,0–17,6 ц/га (на 3,4–3,6 ц/га). При внесении стандартных туков наибольший сбор протеина наблюдался при внесении полного минерального удобрения (NPK) при дозах азота N_{25+25} и N_{35+35} – 19,0–20,7 ц/га. Доза азота $N_{90(45+45)}$ не повышала сбор протеина, так как при этой дозе в травостое несколько повышалась доля злаковых трав, содержание белка в которых ниже. Возрастающие дозы азота усиливали устойчивость злаковых трав к вытеснению их из травостоя бобовыми (клевером и люцерной). Максимальный сбор протеина наблюдался при внесении под первый укос трав комплексных удобрений с микроэлементами (22,8–23,4 ц/га) (вар. 6), а также при внесении на фоне твердых комплексных удобрений жидкого комплексного (для бобовых) под 1 и 2 укосы – 25,5–25,9 ц/га (табл. 6).

По литературным данным за вегетационный период в республике можно получить, в среднем, с урожаем 100–120 ц/га сухого вещества люцерны при сборе протеина 18–19 ц/га [19]. Следовательно, непосредственное внесение органических удобрений (30–60 т/га), применение оптимальных доз стандартных туков в зависимости от содержания бобового компонента в травосмеси, а также применение твердых и жидких комплексных удобрений с микроэлементами является важным агротехническим приемом повышения сбора протеина урожаем бобово-злаковой травосмеси, содержащей в качестве основного бобового компонента – люцерну.

ВЫВОДЫ

Проведенные 4-летние исследования на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве позволяют сделать следующие выводы.

1. Возделывание бобово-злаковой травосмеси с участием люцерны на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах при органической системе удобрения (30–60 т/га подстилочного навоза), на фоне известкования, обеспечивает высокую среднегодовую (за 4 года) продуктивность – от 76,7 до 83,6 ц/га сухого вещества, при органо-минеральной – от 95,6 до 127,2 ц/га.

2. При экстремальных погодных условиях (в течение трех месяцев вегетации ГТК был меньше единицы – 0,27, 0,77 и 0,92), безпокровный ранневесенний посев бобово-злаковой травосмеси на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве обеспечил выживание травостоя (выпал только лядвенец) и получение в первый год одного укоса трав – 19,7–37,0 ц/га сухого вещества.

3. На травах второго года при содержании 33–38% бобовых в травосмеси, увеличение доз азотных удобрений от N_{25+25} до N_{35+35} – N_{45+45} на фоне $P_{60}K_{90+40}$ было эффективным – с ростом урожайности от 76,4–94,2 (на фоне PK) до 78,7–107,6 ц/га (NPK) и прибавкой от азота от 2,1 до 18,2 ц/га сухого вещества. При увеличении доли бобовых трав до 67% (третий год) прибавка урожая травосмеси на фоне роста доз азота увеличивалась в меньшей степени от 3,1–5,9 ц/га до 6,3–8,0 ц/га сухого вещества. В четвертом году доля бобовых трав возросла до 80%, что снизило эффективность повышенных доз азотных удобрений.

4. Комплексные удобрения марки N:P:K = 7–15–30 с $B_{0,08}$ и $Mo_{0,05}$ были эффективнее стандартных форм удобрений. В среднем за четыре года при их внесении

под первый укос, урожайность сухого вещества составила 113,5–117,9 ц/га с прибавкой 5,9–11,9 ц/га. Некорневые подкормки удобрениями жидкими комплексными с микроэлементами в хелатной форме (для бобовых) марки N:P:K = 5–7–10 с $V_{0,15}$ и $Mo_{0,01}$ под первый и второй укос (4 л/га) в фазу начало бутонизации обеспечили прибавку 5,6–9,3 ц/га сухого вещества (119,1–127,2 ц/га).

5. Увеличение доз органических удобрений от 30 до 60 т/га было эффективным и обеспечило увеличение среднегодовой продуктивности на 4,0–11,0 ц/га сухого вещества (3,9–11,5%).

6. Содержание протеина при внесении органических удобрений составило в среднем 15,9–16,3%, при внесении стандартных NPK удобрений – 17,0–18,5%, комплексных NPK с $V_{0,008}$ и $Mo_{0,005}$ – 18,6–18,9%, при совместном применении твердых и жидких комплексных удобрений – 19,4–19,9%. Сбор протеина при органической системе удобрения (30–60 т/га подстилочного навоза) находился в пределах 12,6–14,0 ц/га, при органо-минеральной системе удобрения – от 16,0 до 25,9 ц/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа развития АПК на 2011–2015 гг. / Выпуск Министерства СХиП // Белорусская Нива.–2010. – № 112. – С. 3.

2. *Лесько, В.А.* Продуктивность культурных сенокосов и пастбищ со злаковым и бобово-злаковым травостоем / В.А. Лесько // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., 22 марта 2007 г.: / РУП Институт мелиорации.– Минск. – 2007. – С. 217.

3. *Лесько, В.А.* Продуктивность трав сенокосного использования и их норм высева с участием клевера лугового сорта Долголетний при разных сроках внесения минеральных удобрений на легких супесчаных почвах: реком / В.А. Лесько // Гомельская ОСХОС, Полесский филиал БелНИИЗиК. – Гомель, 2001. – С. 24.

4. *Муха, В.Д.* Общие закономерности и зональные особенности изменения почв главных генетических типов под воздействием сельскохозяйственной культуры: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / В.Д. Муха; Харьковский ИПА. – Харьков, 1979. – 33 с.

5. *Пикун, П.Т.* Люцерна на полях Беларуси / П.Т. Пикун. – Минск: МСХиП, 1999. – 34 с.

6. *Шпаков, А.С.* Средообразующая роль многолетних трав в Нечернозёмной зоне / А.С.Шпаков // Кормопроизводство. – 2014. – № 9. – С. 12–16.

7. *Авдеев, Л.Б.* Создание бобово-злаковых травостоев длительного пользования на супесчаных почвах / Авдеев Л.Б., Нупрейчик В.П. // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда белорус. общ. почвоведов (25–29 июня 2001 г. / Бел.НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – Кн. 2.– С. 16–18.

8. *Шлапунов, В.Н.* Проблемы и перспективы кормового поля / В.Н. Шлапунов // Резервы повышения продуктивности кормовых угодий в Республике Беларусь: материалы респ. науч.-практ. конф., БСХА.– Горки, 2002. – С. 7–10.

9. Кормовые культуры / Шпаар Д. [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаар. – в 2-х томах. – М., 2009. – 784 с.

10. *Павловец, Н.А.* Максимальное развитие травосеяния – фактор экологически чистого земледелия и обеспечения животноводства кормами / Н.А.Павловец. – Минск: БелнаучцентрИнформмаркетинг АПК, 1998. – 32 с.

11. *Вайчюлите, Р.* Влияние луговых сообществ на агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы / Р. Вайчюлите // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда белорусского общества почвоведов (25–29 июня 2001 г., Минск) / Бел.НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – Кн. 2. – С. 68–70.

12. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 4-е изд. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

13. *Ефимов, В.Н.* Система применения удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Г.И. Сеницын. – М.: Колос, 1984. – 272 с.

14. *Гольберг, М.А.* Опасные явления погоды и урожай / М.А. Гольберг, Г.В. Волобуева, А.А. Фалей. – Минск: Ураджай, 1988. – 120 с.

15. Урожайность и качество зерновых культур в севообороте при разных системах удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда белорус. общ. почвоведов (25–29 июня 2001 г.) / Бел.НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001.– Кн. 2.– С. 164–166.

16. *Гольберг, М.А.* Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / М.А. Гольберг; под ред. М.А. Гольберга, В.И. Мельника. – Минск, 1985. –24с.

17. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии – 2010 г. – 25 с.

18. *Пикун, П.Т.* Люцерна Превосходная преодолевает стереотипы / П.Т. Пикун, М.П. Коротков // Наше сельское хозяйство.– 2013. – № 3(59). – С.34–40.

19. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. / НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

IMPACT OF FERTILIZER SYSTEMS ON YIELD OF PERENNIAL LEGUME-GRASS MIXTURES ON PODZOLUISOIL LOAMY SAND SOIL

V.I. Soroko, G.V. Pirogovskaya

Summary

In the field experiments on Podzoluvisol loamy sand soil the impact of fertilization system on the yield and quality of perennial legume-grasses mixture was studied. Data on effectiveness of standard and complex nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer forms in the granulated and liquid forms are presented. Experiments were conducted on two levels (30–60 t/ha) of FYM.

Поступила 12.05.16

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ МАСЛОСЕМЯН ОЗИМОГО РАПСА, ВОЗДЕЛЫВАЕМОГО В ЗВЕНЕ КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА НА АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ ПОЛЕСЬЯ

Н.Н. Семененко¹, Е.В. Каранкевич², Н.М. Авраменко³,

*¹Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

*²Институт мелиорации,
г. Минск, Беларусь*

*³Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства,
а/г Полесский, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси озимый рапс является важнейшей масличной продовольственной, кормовой и технической культурой. За последние 15 лет посевные площади этой культуры увеличились более чем в четыре раза и в настоящее время составляют около 400 тыс. га. В отдельных сельхозпредприятиях посевные площади его занимают до 10% пашни. Актуальность увеличения валовых сборов маслосемян озимого рапса обусловлена постоянно растущим спросом на растительные масла как на внутреннем, так и внешнем рынках.

Озимый рапс высевается во всех регионах страны. Однако вероятность лучшей перезимовки выше при его посеве в юго-западном регионе, особенно при возделывании на плодородных дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых почвах. Из-за неустойчивого водного режима считаются непригодными для возделывания озимого рапса антропогенно-преобразованные торфяные почвы [1, 2]. Поэтому и исследования по возделыванию озимого рапса на этих почвах неизвестны. Однако вопреки рекомендациям с целью улучшения экономики сельхозпредприятия зоны Полесья фактически и на таких землях на значительных площадях возделывают озимый рапс на маслосемена. Например, в 17 районах этой зоны с большим удельным весом в структуре пахотных земель органогенных почв посевные площади озимого рапса составляют около 60 тыс. га.

Антропогенно-преобразованные торфяные почвы, используемые в аграрном секторе зоны Полесья, занимают около 700 тыс. га [3]. В настоящее время они представляют собой комплекс агроторфяных, торфяно-минеральных, остаточноторфяных и постторфяных почв, значительно отличающихся от минеральных и различаются между собой содержанием ОВ, водно-физическими, биологическими и агрохимическими свойствами и плодородием. Поэтому и на землях агроторфяных комплексов с различным гидрологическим и пищевым режимами важна разработка высокоэффективных агротехнических приемов возделывания озимого рапса на маслосемена.

В последние годы в системе мер, направленных на повышение урожайности озимого рапса, возделываемого на минеральных почвах, важная роль отводится подбору способа основной обработки почвы, оптимизации его минерального питания и др. [1, 4, 5]. В частности не рекомендуется возделывать озимый рапс после зерновых культур и при поверхностной обработке почвы. Также для повышения урожайности зерновых, кукурузы и других культур [6–8] все шире применяются микроэлементы и регуляторы роста, позволяющие полнее реализовывать потенциальные возможности их сортов. Однако подобные исследования с культурой озимого рапса на антропогенно-преобразованных торфяных почвах не известны.

Цель исследований – оценить комплексное действие способов основной обработки почвы, систем применения удобрений и регуляторов роста на урожайность и экономическую эффективность возделывания озимого рапса на маслосемена в звене кормового севооборота на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные полевые исследования проводились в 2013–2014 гг. на землях Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства на антропогенно-преобразованных торфяных почвах, подстилаемых песком с глубины 35–45 см. Агрохимическая характеристика почвы (A_n) опытного поля: содержание органического вещества – 20–22%; pH в KCl – 5,7–5,9; запасы доступных растениям соединений (в 0,2 М уксусной кислоте): N – 98 кг/га (низкие), P_2O_5 – 87 (низкие), K_2O – 513 (средние) кг/га [9]. Содержание подвижных форм (в 0,2 М HCl) P_2O_5 – 376 мг/кг (среднее) и K_2O – 399 (среднее), CuO – 5,6 (среднее) и ZnO – 8,1 (низкое) мг/кг почвы.

Исследования с озимым рапсом проводились в звене культур кормового севооборота: однолетние травы (пелюшко-овсяная смесь, поукосно редька масличная) – кукуруза на силос – ячмень – озимый рапс, пожнивно пелюшко-овсяная смесь на двух фонах способов основной обработки почвы:

1) базовый вариант – поукосные посевы редьки масличной используются на зеленый корм, а пожнивно-корневые остатки заделываются под зяблевую вспашку на глубину 20–22 см под кукурузу. Под ячмень и озимый рапс проводилась зяблевая вспашка;

2) поукосные посевы редьки масличной используются на зеленый корм, а пожнивно-корневые остатки заделываются осенью дискатором БДТ-7,2 на глубину 10–12 см под кукурузу. Под ячмень и озимый рапс проводилось поверхностное дискование.

На фоне разных способов основной обработки почвы на посевах озимого рапса исследовались следующие варианты систем применения удобрений (табл. 1):

1. Без удобрений.

2. Базовая – доза азота рассчитывалась на возмещение выноса, а фосфора и калия на возмещение выноса и повышение плодородия почвы: P_2O_5 – 150 и K_2O – 130% к выносу – $N_{165}P_{120}K_{160}$.

3. Ресурсосберегающая – доза азота определялась по выносу и корректировалась с учетом содержания N мин. в почве, компенсация выноса РК на 110% – $N_{135}P_{90}K_{120}$.

4. Вариант 3 + (ЭлеГум-Медь + ЭлеГум-Бор + Экосил).

5. Вариант 3 +(ЭлеГум-Бор + Гуматы).

Таблица 1

Схема применения удобрений под озимый рапс

Система удобрения	Внесение удобрений		
	Основное	Подкормки	
		1-я*)	2-я**)
1. Без удобрений	–	–	–
2. $N_{165}P_{120}K_{160}$	$N_{45}P_{120}K_{160}$	N_{120}	–
3. $N_{135}P_{90}K_{120}$	$N_{45}P_{90}K_{120}$	N_{90}	–
4. Вариант 3 + (ЭлеГумCu, В, Экосил)	$N_{45}P_{90}K_{120}$	N_{90}	N_{30} + (ЭлеГумCu, В, Экосил)
5. Вариант 3 + (ЭлеГум В, Гуматы)	$N_{45}P_{90}K_{120}$	N_{90}	N_{30} + (ЭлеГум В, Гуматы)

Примечание. *)1 – ранневесенняя; **)2 – через 2, 5 недели (16–18 суток).

Дозы удобрений рассчитывались на получение урожайности маслосемян рапса 40–45 ц/га.

Под посев озимого рапса внесены удобрения в соответствии со схемой опыта, заделаны дисками БДТ-7. Затем почва была прикатана и посеян озимый рапс сорт Зорны на маслосемена. Норма высева – 1 млн всхожих зерен на гектар. Опыт закладывался в 4-кратном повторении, общая площадь делянки – 24 м².

Формы удобрений: сернокислый аммоний, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий; микроэлементы в хелатной форме: ЭлеГум-Медь, ЭлеГум-Бор из расчета 2,0 л/га и регуляторы роста: Экосил (0,1 л/га) и Гуматы (2 л/га).

Весной по мере созревания почвы проведена 1-ая подкормка посевов озимого рапса азотными удобрениями в дозах: вариант 2 – N_{120} , варианты 3–5 – N_{90} . В вариантах 4, 5 перед бутонизацией растений проведена 2-ая азотная подкормка в дозе N_{30} в виде водного раствора мочевины совместно с ЭлеГум-Cu, В + Экосил или ЭлеГум-В + Гуматы. Объем рабочего водного раствора 300 л/га. На посевах озимого рапса также проведена химическая обработка растений от рапсового цветоеда и скрытнохоботника. В целом применялась агротехника возделывания озимого рапса рекомендуемая для зоны Полесья.

Погодные условия различались по годам исследований и были контрастными по этапам органогенеза растений, что повлияло на формирование урожайности озимого рапса. В апреле-мае 2013 г. погода была сырая и холодная. Температура почвы в апреле в среднем составила –2 °С, достигая в отдельные ночи до –7–13 °С. В первой декаде мая и 3-ей июня на почве были заморозки до –5 °С. В мае-июне 2013 г. гидрологический режим в зоне Полесья был крайне неблагоприятным для формирования урожайности озимого рапса. Посевы этой культуры были угнетены от избытка влаги. В то же время во второй половине июня и июль

месяцы температура воздуха превышала среднюю многолетнюю, часто достигая +30 °С и более. Это способствовало ускоренному созреванию растений, получению щуплого зерна и интенсивному росту сорной растительности, особенно куриного проса. В условиях же 2014 г. в апреле, июне и июле отмечался недостаток осадков и влаги в почве, наличие высокой температуры в июне привело к преждевременному усыханию стручков и растений рапса и снижению ожидаемой урожайности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований, приведенные в таблице 2, показывают, что в целом урожайность озимого рапса в 2013 и 2014 гг. сформировалась примерно одного уровня. За два года исследований урожайность маслосемян рапса в варианте без внесения удобрений при разных способах основной обработки почвы составила в среднем 27,0–27,2 ц/га.

Таблица 2

Урожайность маслосемян озимого рапса при применении различных агробиотехнологических приемов его возделывания

Система удобрения	Урожайность семян, ц/га			Прибавка от NPK,		Окупаемость 1 кг NPK, кг семян
	2013 г.	2014 г.	среднее	ц/га	%	
Вспашка (0–20 см), последствие пожнивно-корневых остатков						
1. Без удобрений	25,5	28,9	27,2	–	–	–
2. N ₁₆₅ P ₁₂₀ K ₁₆₀	37,0	40,0	38,5	11,3	42	2,5
3. N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀	38,0	40,5	39,3	12,1	44	3,5
4. N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀ + Cu, В + Экосил	39,9	42,9	41,4	14,2	52	4,1
НСР ₀₅	1,3	1,7	х	х	х	х
Дискование (10–12 см), последствие пожнивно-корневых остатков						
1. Без удобрений	24,8	29,1	27,0	–	–	–
2. N ₁₆₅ P ₁₂₀ K ₁₆₀	35,4	39,5	37,5	10,5	39	2,4
3. N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀	38,2	40,5	39,4	12,4	46	3,6
4. N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀ + Cu, В + Экосил	42,1	41,6	41,9	14,9	55	4,3
НСР ₀₅	1,4	1,5	х	х	х	х

Применение сбалансированных по выносу доз удобрений (вариант 3) на фоне вспашки и поверхностного дискования и последствие корне-познивных остатков обеспечивает повышение в сравнении с контролем урожайности маслосемян рапса в среднем за 2 года до 38,5–39,4 ц/га. Прибавка к контролю составила 12,1–12,4 ц/га, или 44–46%. При этом окупаемость удобрений составила 3,5–3,6 кг семян на 1 кг NPK. Внесение более высоких доз удобрений базового вари-

анта (2) имело тенденцию к снижению урожайности семян в сравнении с полученной по варианту 3: на фоне зяблевой вспашки на 0,8 и дискования – 1,9 ц/га. При этом окупаемость удобрений снизилась до 2,4–2,5 кг семян на 1 кг НРК, или на 29–33%. Более высокие дозы азотных удобрений (N_{165}) базового варианта привели к избыточному росту вегетативной массы озимого рапса, образованию более мелких стручков, снижению фертильности пыльцы и завязываемости семян при недостатке содержания влаги в почве.

Наиболее высокая урожайность за 2 года как на фоне зяблевой вспашки, так и при дисковании 41,4 и 41,9 ц/га соответственно, получена при комплексном применении сбалансированных по выносу доз удобрений, дробном внесении азота, микроэлементов и регуляторов роста. В этом варианте системы удобрения в сравнении с контролем урожайность повышается на 52 и 55% соответственно. При этом прибавка урожайности от микроудобрений и регуляторов роста в среднем за 2 года достигает 2,1 и 2,5 ц/га. Анализ результатов исследований показывает, что зяблевая вспашка торфяно-минеральной подстилаемой песком почвы по влиянию на урожайность маслосемян озимого рапса не имеет преимуществ перед поверхностной обработкой почвы в виде дискования на глубину 10–12 см.

При разработке технологии возделывания озимого рапса на дегроторфяных почвах наряду с агрономической, большое значение имеет и оценка экономической целесообразности проведения тех или иных исследуемых технологических приемов. Результаты исследований показывают (табл. 3), что при базовой технологии возделывания озимого рапса в кормовом севообороте (зяблевая вспашка, применение доз удобрений из расчета возмещения выноса элементов питания с урожаем и повышения плодородия почвы и последствие корне – пожнивных растительных остатков редьки масличной) прибыль составляет 282 \$/га при себестоимости 197 \$/т.

Таблица 3

Экономическая эффективность производства маслосемян рапса на фоне последствия разных способов обработки почвы и систем применения удобрений в звене севооборота (среднее за 2 года)

Система удобрения	Урожайность семян, ц/га,	Стоимость	Затраты	Прибыль	Себестоимость, \$/т
		\$/га			
Вспашка (0–20 см), последствие пожнивно-корневых остатков					
1. $N_{165}P_{120}K_{160}$	38,5	1040	758	282	197
2. $N_{135}P_{90}K_{120}$	39,3	1061	675	386	172
3. Вариант 2 + Эле-ГумСу, В, Экосил	41,4	1118	699	419	169
Дискование (10–12 см), последствие пожнивно-корневых остатков					
1. $N_{165}P_{120}K_{160}$	37,5	1013	660	353	176
2. $N_{135}P_{90}K_{120}$	39,4	1064	578	486	147
3. Вариант 2 + Эле-Гум Су, В, Экосил	41,9	1131	602	529	144

На этом же фоне последствий предшественника, при применении сбалансированных с выносом урожаем элементов питания доз удобрений и корректировке дозы азота с учетом содержания этого элемента в почве, прибыль от производства маслосемян рапса увеличивается до 386 \$/га, или на 37% в сравнении с базовым вариантом технологии. При ресурсосберегающей технологии возделывания озимого рапса (замена вспашки на поверхностное дискование, применение сбалансированных с выносом доз удобрений и др.) приводит к росту прибыли до 486 \$/га и снижению себестоимости до 147 \$/т, что составляет 172 и 75% соответственно к базовой технологии. Более высокая прибыль получена при комплексном применении сбалансированных по выносу с урожаем доз удобрений, микроэлементов и БАВ, которая на фоне последствий вспашки составляет 419 \$/га, а последствия поверхностного рыхления почвы – 529 \$/га, или на 26% выше, чем по вспашке.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований впервые установлено, что зяблевая вспашка торфяно-минеральной подстилаемой песком почвы по влиянию на урожайность маслосемян озимого рапса не имеет преимуществ перед поверхностной обработкой почвы в виде дискования на глубину 10–12 см.

2. Внесение более высоких доз удобрений базового варианта, рассчитанных на возмещение выноса элементов минерального питания с учетом повышения плодородия почвы ($N - 100$; $P_2O_5 - 150$ и $K_2O - 130\%$ к выносу), не имеет преимуществ по урожайности маслосемян озимого рапса в сравнении с полученной по варианту внесения сбалансированных доз фосфорных и калийных удобрений (P_2O_5 и K_2O по 110% к выносу), корректировке дозы азота с учетом запаса его в почве. При внесении повышенных доз удобрений их окупаемость прибавкой урожая снижается на 29–33%.

3. При комплексном применении сбалансированных по выносу доз удобрений, дробном внесении азота, микроэлементов и регуляторов роста, как на фоне зяблевой вспашки, так и при дисковании получена урожайность маслосемян 41,4 и 41,9 ц/га соответственно, что на 8–12% выше базового варианта. При этом прибавка урожайности от микроудобрений и регуляторов роста в среднем за 2 года достигает 2,1 и 2,5 ц/га. По этому варианту системы применения удобрений и БАВ получена достаточно высокая прибыль, которая на фоне вспашки составляет 419 \$/га, а поверхностного рыхления почвы – 529 \$/га. Это значительно выше показателей базовой технологии возделывания озимого рапса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пиллюк, Я.Э. Технология возделывания сортов озимого и ярового рапса качества «канола» на маслосемена: рекомендации / Я.Э. Пиллюк, О.А. Пикун, В.В. Зеленьяк. – Жодино, 2010. – 41 с.

2. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 64 с.

3. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
4. Применение комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений под озимый рапс: рекомендации / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 24 с.
5. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус.наукa, 2007. – 390 с.
6. Семененко, Н.Н. Влияние биологически активных веществ на урожайность и качество корнеплодов моркови и столовой свеклы / Н.Н. Семененко, Т.А. Воробьева, М.И. Завадская // Актуальные проблемы агрономии и пути их решения: материалы Междунар. конф. – Горки, 2005. – С.113–117.
7. Семененко, Н.Н. Адаптивная система комплексного применения удобрений и других средств интенсификации возделывания зерновых культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвах: метод. рекомендации / Н.Н. Семененко, С.В. Сорока, А.В. Семенченко. – Минск, 2010. – 62 с.
8. Семененко, Н.Н. Влияние способов основной обработки дегроторфяной почвы и систем удобрения на урожайность зеленой массы кукурузы. / Н.Н. Семененко, Е.В. Каранкевич, Н.М. Авраменко // Земледелие и защита растений. – 2013. – № 5. – С. 13–17.
9. Семененко, Н.Н. Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н.Н. Семененко, В.А. Журавлев. – Минск, 2005. – 24 с.

**IMPACT AGROBIOTECHNOLOGICAL TECHNIQUES
ON PRODUCTIVITY OF OIL SEED WINTER RAPE CULTIVATED
IN A LINK OF FODDER CROP ROTATION ON THE ANTROPOGEN-
TRANSFORMED PEAT SOILS OF POLESYE**

N.N. Semenenko, E.V. Karankevich, N.M. Avramenko

Summary

Results of researches of complex impact of the predecessor, ways the basic soil tillage and fertilizer systems, growth regulators on productivity of oil seed winter rape cultivated in a link of fodder crop rotation on the antropogen-transformed peat soils of Polesye are presented. It is revealed that on the background of superficial disking and entering balanced on carrying out with a yield of doses of fertilizers, top dressing with copper, boron, Ecosil had ensured productivity of oil seed winter rape on the level of 41,9 c/ha and profits to 529 \$/ha. The yield level it is not worse than at plowing, but profit exceeds 26%.

Поступила 28.03.16

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ОСНОВНОМ ВНЕСЕНИИ В ПОЧВУ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МАСЛОСЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА

**Г.В. Пироговская¹, С.С. Хмелевский¹, В.И. Сороко¹, О.И. Исаева¹,
В.В. Бобовкина², Л.П. Шиманский²**

*¹Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

*²Полесский институт растениеводства,
г. Мозырь, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В мировом производстве растительного масла основное экономическое значение имеют маслосемена таких культур, как соя, хлопчатник, рапс, арахис и подсолнечник, на долю которых приходится около 97% [1].

Потребность Республики Беларусь в растительном масле составляет около 150 тыс. т в год, в том числе на пищевые цели – 117 тыс. т. В республике на продовольственные цели используется, главным образом, подсолнечное масло, которое практически полностью импортируется из-за рубежа. В то же время в структуре затрат при возделывании подсолнечника около трети составляет стоимость семян, которые, преимущественно, необходимо закупать за рубежом. С созданием новых скороспелых гибридов и сортов подсолнечника и изменением климата становится возможным возделывание этой культуры на почвах Республики Беларусь.

Посевные площади подсолнечника в Республике Беларусь в 2007–2015 гг. составляли: 2007 г. – 3,75 тыс. га, 2008 – 5,0, 2009 – 4,0, 2010 – 3,75, 2011 – 1,75, 2012 – 21,0, 2013 – 14,5, 2014 – 4,8 тыс. га. В 2015 г., согласно Постановления Совета Министров РБ от 31 августа 2012 г. № 799 «О программе развития производства семян масличных культур, масложировой продукции и белкового корма в Республике Беларусь на 2012–2015 гг.», посевные площади подсолнечника должны были составить 27 тыс. га, а фактические они составили в Гомельской области – 150 га, Брестской области – 300 га (возделывали его только заинтересованные хозяйства).

Подсолнечник является однолетней культурой, с содержанием масла в семенах до 50%. Он предъявляет относительно высокие требования к наличию в почве усвояемых форм питательных веществ. Наличие в почве элементов питания в оптимальном соотношении способствует повышению продуктивности растений, улучшению качества семян. Применение минеральных удобрений под подсолнечник в Республике Беларусь является обязательным условием. На образование единицы урожая (1 ц) подсолнечника, в зависимости от генотипа и места произрастания требуется до 4–6 кг N, 2–5 кг P₂O₅, 10–12 кг K₂O, около 1,7 кг MgO и 3,0 кг SO₄, что в несколько раз выше, чем поглощение питательных веществ зерновыми культурами. При среднем содержании фосфора 15–25 мг/100 г почвы, калия 15–25

и магния 7–12 мг/100 г почвы рекомендуется вносить следующие дозы удобрений на гектар: фосфора – 70–80 кг P_2O_5 , калия – 160–200 кг K_2O , магния – 60–70 кг MgO . Потребность в сере примерно в три раза выше, чем у зерновых. Калийные удобрения лучше вносить в сульфатной форме, поскольку подсолнечник очень чувствителен к хлоридам [2, 3, 4].

Из микроэлементов ему необходимо значительное количество бора [8, 9]. Данные о необходимости внесения бора под подсолнечник на кислых суглинистых почвах приведены в работах S.K. Chaudhary и K.R. Sharma и др. Ими установлено, что бор позволяет повысить высоту растений, массу 1000 семян и урожайность [10, 11]. При недостатке бора вначале на краях листьев образуются пузырчатые искривления, на стебле возникают трещины, он становится ломким, нарушается образование цветков, корзинки деформируются и в них имеются только стерильные цветки. По данным Kastori R. и др. при большом недостатке бора цветки могут совсем не образоваться [12]. Украинскими учеными показана положительная роль микроудобрений класса «Реаком» – на основе комплексонов (хелатов) металлов (водных высококонцентрированных растворов гидроксипропилендифосфонатов металлов: Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Mo^{6+} и B^{3+}) на рост и развитие подсолнечника при общей концентрации комплексонов в исходном растворе в пределах от 160 до 200 г/л, содержании микроэлементов – 3–6% от массы. При обработке семян подсолнечника этим препаратом прибавка урожайности семян составила 3,3–5,2 ц/га, а при использовании его в качестве некорневых подкормок растений – 2,5 ц/га [6].

Подсолнечник – растение континентального климата, в процессе длительной эволюции он приспособился к перенесению почвенной и воздушной засух, высоких температур [13]. В наибольшей степени его возделывание возможно, преимущественно раннеспелых гибридов и сортов, на легких почвах в южной части Беларуси [3, 14]. Наиболее пригодными почвами для выращивания подсолнечника являются дерново-подзолистые легкосуглинистые, а также супесчаные, подстилаемые моренным суглинком почвы (с рН для легких почв – 5,8–6,0, для связных – 6,0–6,8). Однако в Брестской и Гомельской областях, где ведется основное возделывание подсолнечника преобладают супесчаные почвы, подстилаемые песками, на которых получают урожаи маслосемян на уровне 18–22 ц/га.

В Республике Беларусь на 2016 г. районированы среднеранние и раннеспелые гибриды и сорта подсолнечника (50 гибридов и один сорт – Ясень) зарубежной и белорусской селекции (18% – Полесский институт растениеводства), для которых агроклиматические ресурсы Беларуси достаточны для созревания семян с получением высокой урожайности. Имеются определенные экспериментальные данные по срокам сева, густоте стояния растений, влиянию доз азотных удобрений (N_{30-150} кг/га д.в. на фоне $P_{60}K_{90}$), гербицидов и десикантов на урожайность и качество семян. Рекомендовано, что для получения урожайности семян на уровне 40–50 ц/га на дерново-подзолистых супесчаных почвах в юго-восточной части Беларуси, необходимо соблюдать оптимальные сроки сева (температура почвы на глубине 10 см 8–10 °С, 2–3 декада апреля), густоту стояния растений (80–90 тыс./га), широкорядный способ сева (60 см), проводить своевременный уход за посевами и применять десиканты. Разработан отраслевой регламент возделывания подсолнечника на маслосемена, в котором изложены рекомендации по внесе-

нию органических и минеральных удобрений. Органические удобрения рекомендуется вносить под предшествующую культуру в дозах 30–40 т/га, минеральные – на почвах легкого гранулометрического состава в дозе $N_{90}P_{60}K_{90}$, а на связных почвах при содержании гумуса более 2% или при внесении органических удобрений под предшествующую культуру – $N_{60-70}P_{60}K_{90}$. В фазу листообразования, при высоте растений 15–20 см рекомендовано проведение некорневой подкормки бором в дозе 100–120 г д.в./га [8, 16, 17]. Изданы рекомендации, в которых представлены технологические приемы возделывания подсолнечника на маслосемена (основные требования к почвам, предшественнику, обработке почвы, подготовке семян к посеву, внесению органических и минеральных (стандартных и новых форм комплексных) удобрений, некорневым подкормкам, посеву, борьбе с сорной растительностью, вредителями и болезнями, уборке, послеуборочной доработке семян и хранению маслосемян) [18].

Из анализа литературных источников следует, что при возделывании подсолнечника в годы с различными погодными условиями, эффективность удобрений во многом зависит от комплексного применения всех агротехнических приемов на каждой конкретной почве с учетом содержания в ней подвижных соединений фосфора и калия.

Цель исследований является разработка и изучение влияния перспективных агротехнических приемов (инкрустация семян, новых форм твердых и жидких минеральных удобрений, предназначенных для основного внесения в почву) на урожайность и качество семян при возделывании его на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава.

Эта задача особенно актуальна в условиях изменяющегося климата в республике, в сторону потепления и увеличения суммы биоклиматических температур, позволяющих более широко возделывать подсолнечник на маслосемена, что позволит сократить закупку масла за рубежом и снизит валютные затраты на его приобретение.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты с подсолнечником Степок проводились в период с 2012 по 2014 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области (Институт почвоведения и агрохимии) и на дерново-подзолистой связносупесчаной, сменяемой с глубины около 30 см рыхлой супесью, а с глубины 1 м моренным суглинком, почве (Полесский институт растениеводства, п. Криничный Мозырского района Гомельская области).

Агрохимическая характеристика пахотных горизонтов опытных полей перед закладкой опытов с подсолнечником (2012 г.) была следующая:

– в полевых опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве – содержание гумуса – 1,93–1,95% (среднее по полям), $N-NO_3$ – 10,2–10,9 мг/кг почвы, рН = 5,83–6,02, содержание подвижных форм P_2O_5 – 472–592 и K_2O – 315–351 мг/кг почвы, обменных форм Са – 1105–1374 и Mg – 92–135 мг/кг почвы, обеспеченность почвы подвижными соединениями микроэлементов следующая: средняя – по содержанию бора (0,58 мг/кг почвы), подвижной меди (1,0 М HCl) – 2,8 и подвижного цинка – 3,3 мг/кг почвы, низкая – по обеспеченности подвижным марганцем (1,0 М KCl) – 1,6 мг/кг почвы;

– в полевых опытах на дерново-подзолистой связносупесчаной почве – содержание гумуса – 1,87–2,65%, $N-NO_3$ – 10,5–11,3 мг/кг почвы, $pH = 5,97$ –6,16, содержание подвижных форм P_2O_5 – 206–321 и K_2O – 218–352 мг/кг почвы, Ca – 834–914 и Mg – 133–165 мг/кг почвы, обеспеченность почвы по бору (0,34 мг/кг почвы), меди (2,02 мг/кг почвы) и цинку (3,87 мг/кг почвы) – средняя, по марганцу (1,9 мг/кг почвы) – низкая.

Комплексные удобрения, которые применялись в полевых опытах при основном внесении в почву содержали основные элементы питания (N – в пределах от 10 до 16%, P_2O_5 – 9–18%, K_2O – 18–25%) и модифицирующие добавки (B_1 (0,15%); B_2 (0,25%); B_3 (0,35%); B (0,15%) и Mg (1,5%); B (0,15%) и Cu (0,21%); B (0,15%) и Mn (0,15%); Mg (0,9%), B (0,10%), Cu (0,09%), Mn (0,09%).

В качестве базовых вариантов для сравнительной оценки эффективности новых форм комплексных удобрений с микроэлементами для основного внесения в почву (NPK с B ; NPK с B , Mg ; NPK с B , Cu ; NPK с B , Mn ; NPK с B , Mg , Cu , Mn) являлись комплексные удобрения без модифицирующих добавок (марка $NPK = 16$ –11–24). В опыте был также вариант с применением стандартных туков (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий).

В полевых опытах (2012–2014 гг.) проводился учет урожайности семян подсолнечника в фазу полной спелости с отбором растительных образцов для определения качества продукции (содержания масла, жирнокислотного состава, содержания элементов питания и др. показателей).

Аналитическая обработка экспериментальных данных, полученных в опытах, выполнялась по общепринятым методикам.

Перед закладкой опытов отбирались почвенные образцы с пахотного и подпахотного горизонтов и анализировались по следующим методикам:

- pH в KCl суспензии – ЦИНАО ГОСТ 26483–85;
- подвижные формы фосфора и калия по Кирсанову, в модификации ЦИНАО ГОСТ 26207–91;
- обменные катионы (Ca^{++} , Mg^{++}) по ЦИНАО ГОСТ 26487–85;
- содержание гумуса по методу ЦИНАО ГОСТ 26213–91;
- определение подвижных форм микроэлементов в почве – ОСТ 10144–88–ОСТ 10150–88.

В растительных пробах определение азота, фосфора, калия, кальция, магния после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода) осуществлялось общепринятыми методами:

- 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.

Содержание масла в семенах определяли по ГОСТ 10857–64 «Семена масличные. Методы определения масличности» и ГОСТ 13496.15–97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира», жирнокислотного состава – по ГОСТ 30418–96 «Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава».

Согласно санитарным нормам и правилам «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам», Гигиенический норматив «Показатели безопас-

ности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов», утвержденным Постановлением Минздрава РБ от 21.06.2013 г., № 52, РДУ–99 семена подсолнечника анализировались на: содержание радионуклидов (удельная активность по Cs–137 Sr–90) – МВИ. МН 1181–2011, хлорорганические пестициды – по МУ 6129–91, токсичные элементы: свинец, кадмий и мышьяк – ГОСТ 30538–97, ртуть – МВИ. МН 1642–2001, микотоксины (афлатоксин В₁) – ГОСТ 30711–2001.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову [19] с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на ПЭВМ, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы по годам и блокам.

Температура воздуха приведена по данным наблюдений Гидрометцентра (г. Минск и Мозырь), атмосферные осадки – по данным лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск) и Гидрометцентра (г. Мозырь). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянину.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях 2012–2014 гг. в период вегетации подсолнечника погодные условия в Минской и Гомельской областях значительно различались по годам:

– в ОАО «Гастелловское» Минского района сумма атмосферных осадков за апрель – август (4–8 месяц) в условиях 2012 г. составила 321,7 мм, среднемесячная температура воздуха – 15,4 °С, сумма температур выше 5–10 °С – 2360,3 °С, ГТК = 1,36, а по месяцам ГТК изменялся в пределах от 0,40 (июль) до 3,98 (апрель); в 2013 г. – сумма осадков за этот период составила – 327,4 мм, среднемесячная температура воздуха – 15,9 °С, сумма температур – 2432,8 °С, ГТК = 1,34, по месяцам от 0,52 (август) до 2,26 (апрель); 2014 г. – сумма осадков за этот период составила – 450,7 мм, среднемесячная температура воздуха – 16,2 °С, сумма температур – 2481,1 °С, ГТК = 1,82, по месяцам от 0,42 (апрель) до 2,82 (август); при среднемноголетнем за этот период – 360 мм осадков, среднемесячной температуре воздуха – 13,6 °С, сумме температур – 2092,7 °С, ГТК = 1,72;

– в п. Криничный Мозырского района в 2012 г. атмосферные осадки составили 489,0 мм, среднемесячная температура воздуха – 17,0 °С, сумма температур выше 5–10 °С – 2601,4,3 °С, ГТК = 1,88, а по месяцам ГТК изменялся в пределах от 0,52 (май) до 2,80 (июнь); в 2013 г. – сумма осадков за этот период составила – 215,9 мм, среднемесячная температура воздуха – 17,3 °С, сумма температур – 2648,9 °С, ГТК = 0,82, по месяцам от 0,57 (июль) до 1,66 (апрель); 2014 г. – сумма осадков – 355,2 мм, среднемесячная температура воздуха – 17,4 °С, сумма температур – 2661,7 °С, ГТК = 1,33, по месяцам от 0,33 (апрель) до 2,34 (май); при среднемноголетнем за этот период – 350 мм осадков, среднемесячной температуре воздуха – 14,8 °С, сумме температур – 2266,9 °С, ГТК = 1,54.

В целом вегетационный период возделывания подсолнечника в ОАО «Гастелловское» в 2012 и 2013 гг. характеризовался как оптимальный, в 2014 г. – влажный; в п. Криничный – 2012 г. – влажный, 2013 г. – засушливый, 2014 г. – оптимальный. Приведенные данные показывают, что погодные условия по годам и в период

вегетации подсолнечника различались в Центральной и Юго-Восточной части Беларуси, что позволяет в полной мере оценить эффективность применяемых новых форм удобрений в технологии его возделывания.

Влияние новых форм комплексных удобрений на элементы структуры урожая семян подсолнечника на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах приведены в таблице 1.

Диаметр корзинки подсолнечника на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, в зависимости от вариантов опыта с новыми формами комплексных удобрений, изменялся в пределах: в 2012 г. – от 20 см (в базовом варианте) до 19–21 см (с комплексными с добавками), в 2013 г. – 26 и 22–25 см, в 2014 г. – 20 и 16–19 см, а в среднем за три года – от 22 до 20–21 см; соответственно, *на дерново-подзолистой связносупесчаной почве* – в 2012 г. – 21 и 18–21 см, в 2013 г. – 20 и 20–21, в 2014 г. – 18 и 19–20 см, а в среднем за три года – 20 и 20 см.

Диаметр пустозерности (невыполненность корзинки) – *на легкосуглинистой почве* различался по вариантам с внесением разных форм удобрений в меньшей степени, чем по годам исследований и был самым высоким во влажном 2014 г. (от 37,2 до 50,8%), по сравнению с 2012 г. (15,0–26,5%) и 2013 г. (16,9–27,0%). Средний показатель за три года диаметра пустозерности был максимальным в варианте с применением комплексного удобрения без добавок (32,5%). На связносупесчаной почве, этот показатель был самым высоким в 2013 г., в среднем за три года существенно не различался по вариантам опыта (от 18,5 до 22,7%).

Лужистость семян подсолнечника – на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве самый высокий процент лужистости наблюдался в 2014 г. (33,8–38,2%), а в целом за три года, этот показатель был в пределах от 24,4 до 30,6%, на связносупесчаной почве в среднем за два года (2013–2014 гг.) – в пределах от 23,1 до 25,0%.

Натура семян во все годы исследований и, в целом за три года, в вариантах с комплексными удобрениями также была более высокой на дерново-подзолистой связносупесчаной, по сравнению с легкосуглинистой почвой. На легкосуглинистой почве в зависимости от вариантов опыта в 2012 г. она находилась в пределах от 239 до 306 г/1000 мл, в 2013 г. – 264–300, в 2014 г. – 263–340 и в среднем за три года – от 260 до 313 г/1000 мл; соответственно на связносупесчаной почве в 2012 г. – 343–353 г/1000 мл, в 2013 г. – 420–445, в 2014 г. – 392–410 и в среднем за 2012–2014 гг. – 390–400 г/1000 мл.

Масса 1000 семян подсолнечника на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в среднем за три года составила в базовом варианте 62,7 грамм, в вариантах с комплексными удобрениями с добавками от 63,5 до 66,0 г. Самой высокой она была при использовании комплексного удобрения NPK с В и Сu (66,0 г, соответственно *на связносупесчаной почве* – 47,9 и 47,6–50,9 г, при самом высоком значении при использовании NPK с В (доза 2) – 50,9 г (табл. 2).

В полевых опытах при возделывании подсолнечника на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (Минский район) урожайность семян в базовом варианте с использованием комплексного удобрения без добавок в 2012 г. составляла 34,4 ц/га. Применение новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками обеспечило урожайность семян в пределах от 36,2 до 38,7 ц/га, с прибавками к базовому варианту в размере 1,8–4,3 ц/га. Соответственно, в 2013 г. урожайность составляла 22,9 и 24,0–29,1 ц/га, с прибавкой от 1,1 до

6,2 ц/га, в 2014 г. – 26,7 и 28,5–34,4 ц/га с прибавкой – 1,8–7,7 ц/га. В среднем за годы исследований (2012–2014 гг.) урожайность семян подсолнечника в базовом варианте с применением комплексного удобрения без модифицирующих добавок (марка NPK = 16–11–24) составляла 28,0 ц/га. Применение изучаемых комплексных удобрений с микроэлементами обеспечило увеличение урожайности семян подсолнечника на 2,1–5,2 ц/га по сравнению с базовым вариантом. При этом лучшими комплексными удобрениями в среднем за три года были: NPK с В (доза 2 и 3) с урожайностью семян 31,6–32,2 ц/га, NPK с Mg, В, Cu, Mn (31,6 ц/га) и NPK с В, Mn (33,2 ц/га) (табл. 2).

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве (Мозырский район) урожайность семян подсолнечника в 2012 г. была несколько ниже, чем на легкосуглинистой почве (Минский район) и составляла: в базовом варианте – 27,3 ц/га, вариантах с исследуемыми удобрениями – от 27,5 до 29,9 ц/га. Применение новых форм комплексных удобрений с микроэлементами обеспечило тенденцию увеличения или достоверную прибавку урожайности семян по отношению к базовому варианту до 2,6 ц/га.

В 2013 г. урожайность маслосемян подсолнечника по вариантам опыта изменялась от 34,6 (базовый вариант) до 32,7–38,0 ц/га (варианты с исследуемыми удобрениями), преимущественно с тенденцией или достоверным увеличением урожайности на 1,3–3,4 ц/га. В 2014 г. она составляла в базовом варианте – 33,6, в вариантах с новыми формами комплексных удобрений – 32,2–36,4 ц/га, с прибавкой – 1,8–2,8 ц/га, соответственно в среднем за три года – 31,8, 32,1–33,9 ц/га с прибавкой до 2,1 ц/га. Лучшими комплексными удобрениями в среднем за три года были NPK с В (доза 2 и 3) и NPK с В, Mn. Следует также отметить, что урожайность семян на связносупесчаной почве в среднем за три года была в 1,0–1,1 раза выше в зависимости от вариантов опыта, по сравнению с легкосуглинистой почвой. Урожайность маслосемян подсолнечника в среднем за три года исследований в контрольном варианте составила на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве 20,7 ц/га, связносупесчаной – 21,3 ц/га. Применение стандартных туков обеспечило урожайность маслосемян 28,0 (легкосуглинистая) – 30,8 (связносупесчаная) ц/га, что находилось на уровне базового варианта – 28,0 и 31,8 ц/га (табл. 2).

Содержание масла в семенах во все годы исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве было выше, чем на связносупесчаной. На первой почве в 2012 г. в базовом варианте оно составило 53,2%, в вариантах с комплексными удобрениями с добавками – от 52,5 до 53,3%, в 2013 г. – 48,9 и 48,4–53,7%, в 2014 г. – 48,6 и 45,7–48,4%, а в среднем за три года – 50,2 и 49,6–51,1%, на второй почве – в 2012 г. в базовом варианте – 46,9 и 41,7–47,8%, в 2013 г. – 40,3 и 39,4–43,6%, в 2014 г. – 45,5 и 38,6–46,4%, а в среднем за три года – 44,2 и 42,5–44,9%. Лучшими комплексными удобрениями на легкосуглинистой почве, обеспечившими максимальное содержание масла в семенах были NPK с В и Mg (51,1%), далее NPK с В (доза 2) – 50,9%, на связносупесчаной – NPK с В (доза 1–2) – 44,3–44,9%, NPK с В и Cu – 44,1% и NPK с Mg, В, Cu, Mn – 43,3% (табл. 2).

Содержание азота в семенах подсолнечника при использовании различных форм комплексных удобрений без добавок и с модифицирующими добавками (вар. 4–10) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве составляло: азота – от 1,69 до 2,05%, фосфора – 1,84–2,25%, калия – 1,22–1,45%, кальция – 0,20–0,26% и магния – 0,25–0,33% (табл. 3).

Таблица 1

Влияние новых форм комплексных удобрений на элементы структуры урожая семян подсолнечника на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносулещаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант	Диаметр корзинок, см				Диаметр пустозерности, %				Лужистость, %				Натура г/1000 мл			
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва																
1. Контроль (без удобрений)	19	24	15	19	26,8	38,5	45,6	37,0	48	28,3	42,0	39,4	233	273	290	265
2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные туки)	22	25	17	21	14,5	27,3	49,1	30,3	34,0	23,1	34,8	30,6	235	285	337	286
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	20	26	20	22	26,0	26,8	44,6	32,5	21,3	23,1	38,2	27,5	239	278	263	260
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₁	19	24	16	20	22,6	26,6	46,6	31,9	24,7	23,8	34,8	27,8	259	289	300	283
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₂	20	25	19	21	15,0	25,6	44,7	28,4	26,3	25,2	33,8	28,4	255	300	292	283
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₃	21	24	16	20	23,3	19,8	42,5	28,6	29,0	25,8	37,0	30,6	280	264	275	273
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mg	21	23	18	21	15,2	27,0	44,3	28,8	15,3	22,3	35,6	24,4	282	291	340	304
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Cu	20	24	19	21	20,0	16,9	37,2	24,7	24,3	22,4	34,4	27,0	306	299	335	313
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mn	21	22	19	21	25,7	24,1	44,5	31,4	23,7	22,9	37,0	27,9	279	274	306	286
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, B, Cu, Mn	20	23	19	21	26,5	21,7	50,8	33,0	21,0	20,7	36,8	26,2	290	287	316	298
НСР ₀₅	1,2	1,4	1,1	1,2	1,2	1,6	4,4	2,8	1,5	1,7	3,1	2,2	23,3	27,4	27,1	26,0
Дерново-подзолистая связносулещаная почва																
1. Контроль (без удобрений)	20	20	16	19	21,5	24,9	17,8	21,4	не опр.	24	23,9	24,0	361	415	412	396
2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные туки)	20	19	19	19	20,0	26,9	16,1	21,0	«-»	25	24,6	24,8	345	442	393	393

* базовый вариант – комплексное удобрение без микроэлементов.

Окончание табл. 1

Вариант	Диаметр корзины, см			Диаметр пустозерности, %			Лузжистость, %			Натура г/1000 мл						
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее				
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва																
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	21	20	18	20	25,7	21,1	15,8	20,9	-«-	24,8	24,5	24,7	353	428	407	396
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₁	19	20	19	19	25,8	26,7	15,7	22,7	-«-	24,8	24,4	24,6	347	436	397	393
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₂	19	20	20	20	18,4	21,4	15,8	18,5	-«-	25,0	24,8	24,9	351	428	392	390
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₃	18	21	20	20	19,4	24,9	16,9	20,4	-«-	25,0	25,0	25,0	343	420	410	391
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mg	19	20	20	20	21,6	26,2	14,0	20,6	-«-	23,0	23,2	23,1	350	433	408	397
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Cu	20	20	20	20	23,0	25,5	14,8	21,1	-«-	25,0	24,9	25,0	349	435	393	392
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mn	20	20	20	20	21,0	23,2	15,3	19,8	-«-	24,0	23,7	23,9	352	440	408	400
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, B, Cu, Mn	21	20	19	20	22,9	25,1	17,3	21,7	-«-	24,0	23,9	24,0	350	445	392	396
НСР ₀₅	1,3	1,1	2,5	1,8	1,4	1,7	1,6	1,6	-	1,7	1,8	1,8	25,1	43,2	30,0	33,6

Таблица 2

Влияние новых форм комплексных удобрений на урожайность, массу семян и содержание масла в семенах подсолнечника Степок на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносуглесчаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га			Содержание масла, %			Масса 1000 семян, г								
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее	+/- к базовому	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред-нее	+/- к базовому					
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва															
1. Контроль (без удобрений)	26,9	18,6	16,5	20,7	-	50,3	50,6	48,3	49,8	-	47,1	50,9	51,1	49,7	-

2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные туки)	35,9	23,0	25,1	28,0	-	50,6	48,9	46,1	48,6	-	61,6	69,3	58,1	63,0	-
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	34,4	22,9	26,7	28,0	-	53,2	48,9	48,6	50,2	-	60,4	69,3	58,3	62,7	-
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В ₁	37,8	24,4	29,2	30,5	2,5	53,1	51,1	46,5	50,2	0,0	60,6	70,4	59,8	63,6	0,9
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В ₂	38,7	24,2	31,8	31,6	3,6	53,3	50,9	48,4	50,9	0,7	60,7	71,1	60,3	64,0	1,3
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В ₃	37,0	25,1	34,4	32,2	4,2	52,9	48,4	47,4	49,6	-0,6	64,9	68,9	58,8	64,2	1,5
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В, Mg	37,3	24,0	29,0	30,1	2,1	52,5	53,7	47,1	51,1	0,9	63,9	70,4	58,4	64,2	1,5
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В, Cu	37,2	25,0	28,5	30,2	2,2	53,1	51,1	45,7	50,0	-0,2	64,0	73,0	61,0	66,0	3,3
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В, Mn	38,2	29,1	32,4	33,2	5,2	52,5	49,8	47,6	50,0	-0,2	60,5	69,9	60,1	63,5	0,8
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, В, Cu, Mn	36,2	28,9	29,7	31,6	3,6	52,7	50,2	47,3	50,1	-0,1	60,8	72,6	59,4	64,3	1,6
НСР ₀₅	1,8	2,0	1,9	1,9	-	2,7	2,9	3,5	3,1	-	4,3	4,4	4,5	4,4	-
Дерново-подзолистая связноупесчаная почва															
1. Контроль (без удобрений)	20,0	22,1	21,9	21,3	-	40,4	32,6	44,6	39,2	-	43,0	49,2	43,1	45,1	-
2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные туки)	27,6	31,4	33,4	30,8	-	45,7	41,6	42,2	43,2	-	44,9	50,3	45,0	46,7	-
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	27,3	34,6	33,6	31,8	-	46,9	40,3	45,5	44,2	-	44,0	54,3	45,5	47,9	-
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В ₁	28,2	35,9	32,2	32,1	0,3	46,6	43,5	42,9	44,3	0,1	46,2	54,7	47,9	49,6	1,7
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В ₂	27,7	36,0	36,2	33,3	1,5	45,8	42,6	46,4	44,9	0,7	45,4	56,8	50,5	50,9	3,0
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В ₃	27,8	37,2	35,4	33,5	1,7	47,8	42,7	41,7	44,1	-0,1	43,5	52,3	46,9	47,6	-0,3
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В, Mg	27,5	37,2	36,4	33,7	1,9	45,6	43,2	38,6	42,5	-1,7	46,8	52,1	47,5	48,8	0,9
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В, Cu	29,2	38,0	33,1	33,4	1,6	47,5	43,6	41,3	44,1	-0,1	47	55,7	45,7	49,5	1,6
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с В, Mn	28,2	37,4	36,2	33,9	2,1	41,7	43,5	43,3	42,8	-1,4	45,7	52,1	49,2	49,0	1,1

* базовый вариант – комплексное удобрение без микроэлементов.

Окончание табл. 2

Вариант	Урожайность, ц/га				Содержание масла, %				Масса 1000 семян, г						
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+/- к базо- вому	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+/- к базо- вому	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+/- к базо- вому
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+/- к базо- вому	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+/- к базо- вому	2012 г.	2013 г.	2014 г.	сред- нее	+/- к базо- вому
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, B, Cu, Mn	29,9	32,7	34,6	32,4	0,6	45,5	39,4	44,9	43,3	-0,9	45,5	55,6	44,2	48,4	0,5
НСР ₀₅	1,6	2,1	1,8	1,8	-	2,2	2,0	3,2	2,5	-	3,0	3,7	3,4	3,4	-

Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва

Таблица 3
Содержание элементов питания в семенах подсолнечника при внесении разных доз и форм минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, среднее за 2012–2014 гг.

Вариант	Содержание элементов, %												
	N общий			P ₂ O ₅			K ₂ O			Ca			Mg
	2012– 2014 г.	+/- к базо- вому	2012– 2014 г.	+/- к базо- вому	2012– 2014 г.	+/- к базо- вому	2012– 2014 г.	+/- к базо- вому	2012– 2014 г.	+/- к базо- вому	2012– 2014 г.	+/- к базо- вому	
1. Контроль (без удобрений)	1,70	-	1,45	-	1,37	-	0,26	-	0,28	-	-	-	
2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные туки)	1,88	-	1,99	-	1,23	-	0,20	-	0,32	-	-	-	
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	1,88	-	1,93	-	1,27	-	0,25	-	0,28	-	-	-	
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₁	1,83	-0,05	2,01	0,08	1,30	0,03	0,26	0,01	0,33	0,05	-	-	
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₂	1,96	0,08	1,84	-0,09	1,40	0,13	0,25	0	0,27	-0,01	-	-	
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₃	2,03	0,15	1,85	-0,08	1,31	0,04	0,25	0	0,31	0,03	-	-	
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mg	2,05	0,17	2,25	0,32	1,28	0,01	0,23	-0,02	0,25	-0,03	-	-	
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Cu	2,02	0,14	2,24	0,31	1,45	0,18	0,23	-0,02	0,27	-0,01	-	-	
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mn	1,69	-0,19	2,07	0,14	1,34	0,07	0,20	-0,05	0,29	0,01	-	-	
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, B, Cu, Mn	1,78	-0,1	1,85	-0,08	1,22	-0,05	0,20	-0,05	0,29	0,01	-	-	
НСР ₀₅	0,13	-	0,11	-	0,10	-	0,01	-	0,01	-	-	-	

* базовый вариант – комплексное удобрение без микроэлементов.

Установлено, что применение новых форм комплексных удобрений обеспечивает тенденцию или достоверное повышение содержания азота (на 0,08-0,17%) и калия (до 0,18%) в большинстве вариантов. Содержание фосфора увеличивалось только в вариантах с использованием NPK с В и Mg, NPK с В и Cu, NPK с В и Mn. Содержание Ca и Mg в семенах подсолнечника не изменялось существенно в зависимости от форм применяемых удобрений. Следует отметить, что при включении в состав комплексного удобрения целого комплекса модифицирующих добавок (Mg, B, Cu, Mn) содержание всех элементов в семенах снижалось по сравнению с базовым вариантом (табл. 3)

Семена подсолнечника являются источником получения подсолнечного масла. Основной кислотой подсолнечного масла является незаменимая линолевая кислота, которой присуща высокая биологическая активность, способствующая ускорению метаболизма эфиров холестерина. Известно, что возделываемые сорта и гибриды подсолнечника в Российской Федерации подразделяются на три типа: 1) сорта и гибриды, содержащие масло линолевого типа; 2) сорта и гибриды, содержащие масло олеинового типа; 3) сорта, предназначенные для производства кондитерских изделий. Жирнокислотный состав масел из подсолнечника линолевого типа содержит насыщенных жирных кислот в пределах: пальмитиновой – 3,5–6,4% от суммы жирных кислот; стеариновой – 1,9–7,0, миристиновой – 0,1–0,2%; ненасыщенных кислот: олеиновой – 24,2–40,3%, линолевой – 46,1–72,0, линоленовой – 0,0–0,5%, может быть присутствие эйкозеной, эруковой кислоты и др. В масле подсолнечника олеинового типа эти показатели следующие: пальмитиновой – 3,1–5,1% от суммы жирных кислот; стеариновой – 3,2–6,3%; ненасыщенных кислот: олеиновой – 70,1–85,6%, линолевой – 13,0–25,0, остальных кислот – следы. Жирные кислоты, входящие в состав подсолнечного масла (линолевая, линоленовая, олеиновая, арахидовая, стеариновая, пальмитиновая и миристиновая) и их содержание определяет высокие технические, пищевые и другие свойства масла. На технические цели могут быть использованы сорта подсолнечника с высоким содержанием линоленовой кислоты, для пищевой промышленности используются сорта с высоким содержанием линолевой кислоты [20, 21].

Установлено, что масличность семян подсолнечника и его жирнокислотный состав изменялись в годы исследований. Средние данные за 2012–2014 гг. по содержанию жирных кислот (насыщенных и ненасыщенных) в масле подсолнечника, полученного из каждого варианта полевых опытов свидетельствуют, что в вариантах с комплексными удобрениями, с модифицирующими добавками (вар. 4–10) на долю линолевой кислоты приходилось от 60,2 до 64,8% от суммы жирных кислот, олеиновой – 22,5 до 26,0 и линоленовой – 0,53–1,84%, а в сумме на эти три кислоты – от 84,4 до 89,0%, на долю пальмитиновой кислоты – 5,28–6,42%, стеариновой – 3,96–5,10 и миристиновой – 0,03–0,11%, а в сумме на эти кислоты – от 10,2 до 11,2%, соответственно при значениях этих показателей в базовом варианте с комплексным удобрением без добавок – на долю ненасыщенных 65,50, 22,84, 1,43 и сумме – 86,8% и насыщенных – 6,42, 3,76, 0,04, в сумме 9,8% (табл. 4). Во все годы исследований качество масла подсолнечника по содержанию ненасыщенных жирных кислот и насыщенных жирных кислот соответствовало требуемым стандартам.

Таблица 4

**Жирнокислотный состав семян подсолнечника сорта Степок
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в ОАО «Гастелловское», (среднее за 2012–2014 гг.)**

Вариант	Содержание жирных кислот, %												
	насыщенные кислоты						ненасыщенные кислоты						
	миристи- новая	пальми- тиновая	стеари- новая	сум- ма	олеи- новая	лино- левая	линоле- новая	сум- ма	арахи- новая	эйкозен- новая	бегено- вая	эруко- вая	лигноцери- новая
1. Контроль (без удоб- рений)	0,04	6,33	2,29	8,7	23,38	61,29	1,89	86,6	0,38	0,08	0,79	0,09	0,34
2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандарт- ные туки)	0,03	6,49	3,84	10,4	21,99	64,02	1,16	87,2	0,17	0,10	0,91	0,01	0,25
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	0,04	6,42	3,76	9,8	22,84	65,50	1,43	86,8	0,24	0,15	0,92	0,01	0,29
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₁	0,03	5,43	4,38	10,2	22,89	63,29	0,60	89,0	0,23	0,11	0,95	0,01	0,27
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₂	0,03	5,28	4,85	10,5	25,93	62,50	0,53	88,0	0,19	0,14	1,15	0,09	0,28
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₃	0,09	6,42	4,01	10,8	22,52	64,81	0,63	87,0	0,24	0,09	0,89	0,11	0,23
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mg	0,06	6,14	4,61	11,1	22,90	62,67	1,43	85,2	0,24	0,11	0,80	0,10	0,24
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Cu	0,05	5,94	5,10	10,9	24,34	60,20	0,68	84,4	0,26	0,22	0,97	0,15	0,28
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mn	0,03	6,09	4,76	10,3	22,79	60,77	0,81	87,5	0,41	0,19	0,79	0,17	0,32
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, B, Cu, Mn	0,11	6,19	3,96	11,2	23,45	62,19	1,84	86,9	0,21	0,08	0,80	0,09	0,26

* базовый вариант – комплексное удобрение без микроэлементов.

Таблица 6

Агроэкономическая эффективность применения комплексных удобрений при возделывании подсолнечника на семена на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносуглинистой почвах

Варианты	Доза NPK, кг/га д.в.	Оплата 1 кг NPK, кг семян	Прибавка, ц/га к. ед.	Затраты, USD/га			Стоимость прибавки, USD/га	Прибыль, USD/га	Рентабельность, %
				NPK	Внесение	Уборка			
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва									
2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные туки)	190	3,8	7,3	118,9	12,4	43,8	243,1	68,0	38,9
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	190	3,8	7,3	127,5	8,6	43,8	243,1	63,2	35,2
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₁	190	5,2	9,8	134,0	8,6	58,8	326,3	125,0	62,1
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₂	190	5,7	10,9	135,3	8,6	65,4	363,0	153,7	73,4
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₃	190	6,1	11,5	136,0	8,6	69,0	383,0	169,4	79,3
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mg	190	4,9	9,4	135,3	8,6	56,4	313,0	112,8	56,3
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Cu	190	5,0	9,5	136,1	8,6	57,0	316,4	114,7	56,9
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mn	190	6,6	12,5	135,8	8,6	75,0	416,3	196,9	89,8
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, B, Cu, Mn	190	5,7	10,9	138,0	8,6	65,4	363,0	151,0	71,3
Дерново-подзолистая связносуглинистая почва									
2. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные туки)	190	5,0	9,5	118,9	12,4	57,0	316,4	128,1	68,1
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ – базовый вариант*	190	5,5	10,5	127,5	8,6	63,0	349,7	150,6	75,7
4. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₁	190	5,7	10,8	134,0	8,6	64,8	359,6	152,3	73,5
5. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₂	190	6,3	12	135,3	8,6	72,0	399,6	183,8	85,1
6. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B ₃	190	6,4	12,2	136,0	8,6	73,2	406,3	188,5	86,6
7. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mg	190	6,5	12,4	135,3	8,6	74,4	412,9	194,7	89,2
8. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Cu	190	6,4	12,1	136,1	8,6	72,6	402,9	185,7	85,5
9. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с B, Mn	190	6,6	12,6	135,8	8,6	75,6	419,6	199,6	90,8
10. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ с Mg, B, Cu, Mn	190	5,8	11,1	138,0	8,6	66,6	369,6	156,5	73,4

* базовый вариант – комплексное удобрение без микроэлементов.

Для объективной оценки применения новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками при основном внесении в почву в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена проводилась экономическая оценка в соответствии с методикой определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений [22].

Прибыль от применения комплексных удобрений в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена составила: на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при внесении комплексного удобрения без добавок – 63,2 USD/га, рентабельность – 35,2%, комплексных с модифицирующими добавками – от 112,8 до 196,9 USD/га, при рентабельности – от 56,3 до 89,8%, с увеличением рентабельности на 21,2–54,6% по сравнению с внесением комплексного удобрения без добавок. Соответственно на связносупесчаной почве – прибыль от комплексных удобрений без добавок была на уровне 150,6 USD/га, рентабельность – 75,7%, от комплексных с модифицирующими добавками – от 152,3 до 199,6 USD/га, при рентабельности – от 73,4 до 90,8%, с повышением рентабельности – на 9,5–15,1% (табл. 6).

ВЫВОДЫ

Приведенные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение комплексных удобрений без добавок и с модифицирующими добавками (NPK с В; NPK с В, Mg; NPK с В, Cu; NPK с В, Mn; NPK с В, Mg, Cu, Mn) в технологии возделывания подсолнечника на маслосемена обеспечивало увеличение урожайности семян на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на 7,3–12,5 ц/га (при урожайности 28,0–33,2 ц/га), стандартных удобрений – на 7,3 ц/га, соответственно на связносупесчаной почве – на 10,5–12,6 ц/га (при урожайности 31,8–33,9 ц/га) и 9,5 ц/га, по отношению к контрольным вариантам без удобрений (20,7 и 21,3 ц/га).

2. При использовании новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (почва 1) урожайность семян увеличивалась на 2,1–5,2 ц/га, на дерново-подзолистой связносупесчаной (почва 2) – до 2,1 ц/га по сравнению с комплексным удобрением без добавок (28,0 и 31,8 ц/га). Наиболее эффективными формами комплексных удобрений (в среднем за 2012–2014 гг.) были: на первой почве – NPK с В(0,15%), Mn(0,15%), NPK с В(0,25%) и NPK с Mg(0,9%), В(0,10%), Cu(0,09%), Mn(0,09%); на второй почве – также NPK с В(0,25%) и NPK с В(0,15%), Mn(0,15%).

3. Содержание масла в семенах во все годы исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве было выше, чем на связносупесчаной. Лучшими комплексными удобрениями на легкосуглинистой почве, обеспечившими максимальное содержание масла в семенах были NPK с В(0,15%), Mg(0,15%) – 51,1%, далее NPK с В(0,25%) – 50,9%, на связносупесчаной – NPK с В(0,25%) – 44,9% и NPK с В(0,15%), Cu(0,21%) – 44,1%. Масса 1000 семян на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в среднем за три года составила в базовом варианте 62,7 г, в вариантах с комплексными удобрениями с добавками – от 63,5 до 66,0 г. Самой высокой она была при использовании комплексного удобрения NPK с В(0,15%), Cu(0,21%) – 66,0 г, соответственно на связносупесчаной почве – 47,9

и 47,6–50,9 г, при самом высоком значении этого показателя при использовании NPK с B(0,25%) – 50,9 г

4. В условиях 2012–2014 гг. качество масла подсолнечника Степок по содержанию ненасыщенных жирных кислот и насыщенных жирных кислот соответствовало требуемым стандартам.

5. Прибыль от применения *комплексных удобрений в технологии* возделывания подсолнечника на маслосемена составила: *на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве* при внесении комплексного удобрения без добавок – 63,2 USD/га, рентабельность – 35,2%, комплексных с модифицирующими добавками – от 112,8 до 196,9 USD/га, при рентабельности – от 56,3 до 89,8%, с увеличением рентабельности на 21,2–54,6% по сравнению с внесением комплексного удобрения без добавок. Соответственно *на связносупесчаной почве* – прибыль от комплексных удобрений без добавок была на уровне 150,6 USD/га, рентабельность – 75,7%, от комплексных с модифицирующими добавками – от 152,3 до 199,6 USD/га, при рентабельности – от 73,4 до 90,8%, с повышением рентабельности – на 9,5–15,1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FAO FAO production year bood. Food and Agriculture Organization United Nations. – Rome, 1996. – Vol. 50.
2. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар [и др.]; под ред. В.А. Щербакова. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 288 с.
3. *Гоманчук, И.И.* Основные приемы возделывания подсолнечника на маслосемена в условиях юго-западной части Беларуси: авторефер. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / И.И. Гоманчук; Нац. акад. наук РБ. – Жодино, 2006. – 20 с.
4. <http://fao.org/>
5. *Васильев, Д.С.* Подсолнечник / Д.С. Васильев. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 174 с.
6. *Ткачев, П.Я.* Агротехника подсолнечника / П.Я. Ткачев. – Москва, 1959. – 134 с.
7. Биология, селекция и возделывание подсолнечника / О.И. Тихонов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 281 с.
8. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С.Ю. Булыгин [и др.]. – 3-е изд. перераб. и доп. – Днепропетровськ: Січ, 2007. – 100 с.
9. *Рак, М.В.* Некорневые подкормки микроудобрениями в технологии возделывания сельскохозяйственных культур / М.В. Рак и [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 2. – С. 25–27.
10. *Chaudhary, S.K.* Influence of various characters on yield of sunflower / S.K. Chaudhary, I.J. Anand // J. Oilseeds Res. – June, 1985. – Vol. 2 (1). – P. 78–86.
11. *Sharma, K.R.* Effect of boron and farmyard manyre application on growth, yields and boron nutrition of sunflower / K.R. Sharma // J. Plant Nutr. – 1999. – № 4–5. – P. 633–640.
12. *Kastori, R.* Photosynthesis, chlorophyll fluorescence and soluble carbohydrates in sunflower leaver as affected by boron difeciency / R. Kastori // J. Plant Nutr. – 1995. – № 9. – P. 1751–1763.
13. *Васильев, Д.С.* Агротехника подсолнечника / Д.С. Васильев. – М.: Колос, 1983. – 197с.

14. *Шпаар, Д.О.* возможности выращивания подсолнечника / Д. Шпаар, М.Т. Дорофеев, В.А. Щербаков // Земляробства і ахова раслін. – 1997. – № 2. – С. 12–15.

15. *Котова, Т.А.* Роль микроудобрений в жизни растений / Т.А. Котова // Информационный бюллетень «Агровестник» навод. «Сейбит». – С. 8–10.

16. Отраслевой регламент. Возделывание подсолнечника на маслосемена. Типовые технологические процессы / В.Г. Гусаков [и др.] // Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2009. – 32 с.

17. *Гомончук, И.И.* Возделывание подсолнечника масличного и сои в условиях Беларуси: метод. пособие / И.И. Гомончук, О.Г. Давыденко. – Пружаны: Брестская ОСХОС, 2008. – 43 с.

18. Рекомендации по применению новых агротехнических приемов в технологии возделывания подсолнечника / Г.В. Пироговская [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 35 с.

19. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

20. Яровые масличные культуры: В.А. Щербакова [и др.]. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 288 с.

21. Технология отрасли (приемка, обработка и хранение масличных семян): учебн. для вузов / С.К. Мустафаев [и др.]; под ред. Е.П. Корненой. – СПб: ГИОРД, 2012. – 248 с.

22. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]. – Минск, 2010. – 24 с.

INFLUENCE OF COMPLEX FERTILIZERS NEW FORMS IN THE BASIC APPLICATION ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SUNFLOWER OIL SEED

**G.V. Pirogovskaya, S.S. Khmelevskij, V.I. Soroko, O.I. Isaeva,
V.V. Bobovkina, L.P. Shimanskij**

Summary

The results of experimental researches (2012-2014) on application of standard and new forms of complex fertilizers in technology of sunflower cultivation on sod-podsolic light loamy (the Minsk area) and coherent sandy loam (the Gomel area) soils and their impact upon productivity and quality sunflower oil seed are presented.

It is established, that application of new forms of complex fertilizers with microelements on sod-podsolic light loamy soil allows to increase seeds productivity by 2,1–5,2 c/ha, on sod-podsolic coherent sandy loam soil up to 2,1 c/ha in comparison with complex fertilizer without additives (28,0 and 31,8 c/ha). The most effective forms of complex fertilizers were on light loamy and coherent sandy loam soils – NPK with B(0,15%) and Mn(0,15%) and NPK with B(0,25%).

Поступила 12.05.16

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БОРНОГО УДОБРЕНИЯ ЭТИДОТ-67 ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

М.В. Рак, С.А. Титова, Т.Г. Николаева

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение сбалансированного питания растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами является основным условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур и качества растениеводческой продукции. Применение микроудобрений в соответствии с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур позволяет повысить урожайность и улучшить показатели качества растениеводческой продукции. Для правильного применения микроудобрений важно знать потребность различных культур в микроэлементах. Для зерновых культур важнейшими из микроэлементов является медь и марганец, рапса и сахарной свеклы – бор и марганец, картофель – бор, медь и марганец и т.д. [1, 2, 3].

Бор как элемент питания необходим растениям в течение всего вегетационного периода. Он участвует в делении клеток, синтезе белков, в углеводном обмене. Бор улучшает передвижение ростовых веществ и аскорбиновой кислоты из листьев к органам плодоношения, азота в растениях, фосфора из стеблей в листья. Доступность бора растениям снижается в засушливые годы, при внесении азотных удобрений и извести, а также на легких по гранулометрическому составу почвах с низким содержанием гумуса. Размеры поглощения и накопления бора растениями возрастают при повышении содержания калия в почве [4, 5].

Эффективность применения микроудобрений во многом определяется способом их внесения. Одним из наиболее распространенных способов использования микроудобрений является некорневая подкормка, которая позволяет снизить их норму расхода и возможность устранения дефицита микроэлементов в критические фазы роста и развития растений [6, 7].

В последние годы в Беларуси зарегистрировано новое борное удобрения микроудобрение ЭТИДОТ-67. Это микрогранулированное удобрения хорошо растворимо в воде, технологично в применении, отличается высокой концентрацией бора и содержит в своем составе 208 г/кг бора и 140 г/кг натрия. В полевых опытах при некорневых подкормках таких культур как сахарная свекла, рапс, кукуруза, картофель установлено, что микроудобрение ЭТИДОТ-67 устраняет негативное воздействие на урожайность и качество растениеводческой продукции. Для большинства культур микроудобрение ЭТИДОТ-67 является наиболее эффективным в интенсивных технологиях выращивания, которые лучше всего отзываются на это удобрение при незначительных затратах. Поэтому в 2014–2015 гг. в производственных условиях нами были проведены исследования по эффективности применения борного удобрения ЭТИДОТ-67 в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – изучить агрономическую эффективность применения борного удобрения ЭТИДОТ-67 при возделывании озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы, озимого рапса, картофеля и яблони в производственных условиях.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка эффективности борного удобрения ЭТИДОТ-67 при возделывании озимой пшеницы, сахарной свеклы, кукурузы, озимого рапса и картофеля в 2014–2015 гг. проводилась в производственных опытах СПК «Агрокомбинат Снов» Несвижского района на дерново-подзолистых почвах. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы опытных участков: озимая пшеница: почва связно-супесчаная, pH в KCl – 6,77–6,18, гумус – 2,11–3,35%, P_2O_5 – 293–274 мг/кг, K_2O – 354–274, B – 0,98–0,92, Cu – 1,87–3,54, Mn – 2,24–3,85, Zn – 3,0–5,1 мг/кг почвы; сахарная свекла: почва легкосуглинистая, pH в KCl – 6,27, гумус – 2,91%, P_2O_5 – 372, K_2O – 484, Cu – 2,24, B – 0,97, Mn – 4,48, Zn – 5,52 мг/кг почвы и связно-супесчаная, pH в KCl – 6,36, гумус – 2,59%, P_2O_5 – 294, K_2O – 393, Cu – 2,14, B – 0,92, Mn – 2,9, Zn – 4,06 мг/кг почвы; кукуруза: почва связно-супесчаная, pH в KCl – 5,78–6,24, гумус – 2,32–2,58%, P_2O_5 – 398–262, K_2O – 297–357, B – 0,89–0,88, Cu – 2,39–1,35, Mn – 4,6–4,08, Zn – 4,97–2,38 мг/кг почвы; озимый рапс: почва связно-супесчаная, pH в KCl – 6,1, гумус – 2,46%, P_2O_5 – 304 мг/кг, K_2O – 439, B – 1,02, Cu – 2,1, Mn – 4,1, Zn – 3,21 мг/кг почвы и легкосуглинистая, pH в KCl – 6,24, гумус 2,47%, P_2O_5 – 287 мг/кг, K_2O – 374, B – 0,95, Cu – 1,66, Mn – 4,17, Zn – 2,45 мг/кг почвы; картофель: почва легкосуглинистая, pH в KCl – 6,50, гумус – 2,46%, P_2O_5 – 311, K_2O – 480, B – 0,86, Cu – 1,72, Mn – 2,99, Zn – 4,14 мг/кг почвы. Площадь каждого производственного опыта 20–25 га.

Изучение эффективности удобрения ЭТИДОТ-67 при возделывании яблони проводили на Брестской областной опытной станции по сельскому хозяйству Пружанского района на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве: pH в KCl – 6,1, гумус – 2,6%, P_2O_5 – 410 мг/кг, K_2O – 380, B – 1,1, Cu – 4,6, Zn – 5,4 мг/кг почвы. Площадь производственного опыта 5 га.

Технология возделывания исследуемых культур общепринятая для Беларуси. Возделывали озимую пшеницу Элегия и Мулан, сахарную свеклу Концента и Казимира, озимый рапс Прогресс и Техник, кукурузу Фабрегас, картофель Бриз и яблоня Дарунок. Предшественники – озимая пшеница, озимый рапс, кукуруза, яблоня. Норма высева сахарной свеклы – 1,38 п.ед., озимой пшеницы – 5,0 млн всхожих семян/га, озимого рапса – 6,2 и 3,2 кг/га, кукурузы – 1,9 п.ед., картофеля – 4 т/га, яблони – 1250 растений/га. Исследования с сахарной свеклой проводили на фоне 70 т/га навоза $N_{156}P_{75}K_{240}$ и $N_{171}P_{81}K_{240}$ минеральных удобрений, озимой пшеницей – $N_{188}P_{85}K_{100}$ и $N_{172}P_{76}K_{117}$, озимым рапсом – $N_{216}P_{80}K_{100}$ и $N_{197}P_{75}K_{120}$, кукурузой – 60 т/га навоза и $N_{92}P_{30}K_{90}$ – $N_{161}P_{70}K_{120}$, картофелем – $N_{122}P_{75}K_{180}$ и яблоней – $N_{60}P_{60}K_{60}$. Минеральные удобрения вносили в виде КАС, мочевины, суперфосфата аммонизированного, аммофоса и хлористого калия, органические – навоз КРС. Схема производственных опытов была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений.

Схема опытов, дозы удобрения и фоны минеральных и органических удобрений представлены далее в таблицах. Исследуемое борное удобрение ЭТИДОТ-67 представлено в виде водорастворимого порошка, содержащего водорастворимый

бор (20,8%) и натрий (14,0%). Рабочий раствор приготавливался непосредственно перед проведением обработки посевов путем разведения удобрения водой. Расход рабочего раствора – 200 л/га, для сада – 600 л/га.

Погодные условия периода исследований значительно различались по годам. Вегетационный период 2015 г. был неблагоприятным для роста и развития растений, что обусловлено неравномерностью распределения атмосферных осадков при высоких температурах воздуха. Особенно резкий недостаток влаги и высокая температура воздуха были отмечены в июне-августе. ГТК за вегетационный период в 2014 г. составил 1,37, в 2015 г. – 0,9.

Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых и производственных опытов. Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа. Экономическая эффективность применения микроудобрения ЭТИДОТ-67 в некорневые подкормки сельскохозяйственных культур рассчитывалась по методике, разработанной Институтом почвоведения и агрохимии [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты двухлетних исследований с борным удобрением ЭТИДОТ-67 в производственных опытах показали его высокую эффективность на посевах возделываемых культур. Причем удобрение ЭТИДОТ-67 было эффективным в каждый год проведения исследований, независимо от складывающихся погодных условий. Установлено, что исследуемое борное удобрение ЭТИДОТ-67 оказало неоднозначное влияние на урожайность и показатели качества возделываемых культур. Величина прибавок зависела от доз вносимого удобрения.

При возделывании озимой пшеницы на фоне минеральных удобрений применение борного удобрения ЭТИДОТ-67 в возрастающих дозах (0,75 и 1,0 кг/га) способствовало повышению урожайности зерна (табл. 1). В сравнении с фоновым вариантом от двукратной некорневой подкормки (весной, в начале вегетации и в стадию первого узла) исследуемым удобрением в среднем за два года получены прибавки урожайности 3,2–5,6 ц/га. По годам они колебались от 3,0 до 6,1 ц/га. Следует отметить, что эффективность исследуемого удобрения повышалась с увеличением дозы. При этом наблюдалась тенденция повышения содержания сырого белка и клейковины. Сбор сырого белка с гектара увеличивался на 0,3–0,4 ц/га.

Таблица 1

Влияние борного удобрения ЭТИДОТ-67 на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону, ц/га	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, ц/га	Клейковина, %
	2014 г.	2015 г.	среднее				
1. Вариант без удобрений	50,4	59,5	55,0		8,9	4,1	19,7
2. N ₁₈₀ P ₈₁ K ₁₀₉ – фоновый вариант	91,4	92,3	91,8	–	11,9	9,4	25,8
3. Фон + ЭТИДОТ-67 (0,75 кг/га)	94,7	95,3	95,0	3,2	12,0	9,8	26,6
4. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	97,5	97,2	97,4	5,6	11,5	9,7	26,5
НСР ₀₅	3,0	2,9	2,8			–	

Двукратная некорневая подкормка (в фазу 10–12 листьев и через 1,5 месяца после первой) сахарной свеклы удобрением ЭТИДОТ-67 на фоне органических и минеральных удобрений способствовала повышению урожайности корнеплодов в среднем за два года исследований на 25–26 ц/га (табл. 2). По годам исследований в зависимости от доз удобрения (1,5 и 2,0 кг/га) и условий вегетационного периода прибавки урожайности колебались от 16 до 36 ц/га.

При производстве сахарной свеклы большое значение имеют технологические свойства корнеплодов. Исследования показали, что содержание в корнеплодах сахара незначительно различалось по вариантам опыта и в большей степени изменялось от погодных условий. Следует отметить, что при применении удобрения ЭТИДОТ-67 во все годы исследования отмечалось повышение содержания альфа-аминного азота в корнеплодах (на 0,51–3,34 м-моль/100 г). Комплексным показателем влияния исследуемого удобрения на урожайность и качество корнеплодов является выход сахара, величина которого зависит от общей продуктивности корнеплодов и их сахаристости. В сравнении с фоновым вариантом применение борного удобрения ЭТИДОТ-67 в возрастающих дозах повышало выход сахара на 2,8–3,3 ц/га (по годам на 1,2–4,5 ц/га) за счет увеличения урожайности корнеплодов.

Таблица 2

Влияние борного удобрения ЭТИДОТ-67 на урожайность и технологические свойства корнеплодов сахарной свеклы

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону, ц/га	Технологические свойства корнеплодов				Выход сахара	
	2014 г.	2015 г.	среднее		сахар, %	K	Na	α-N	%	ц/га
1. Вариант без удобрений	271	310	291		17,1	7,34	0,72	3,55	14,2	41,3
2. Навоз 35 т/га + N ₁₆₄ P ₇₈ K ₂₄₀ – фоновый вариант	693	419	556	–	17,7	4,64	0,51	2,50	15,5	84,8
3. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	721	441	581	25	18,2	5,64	0,52	4,42	15,4	87,6
4. Фон + ЭТИДОТ-67 (2,0 кг/га)	729	435	582	26	18,0	6,08	0,47	3,50	15,4	88,1
НСР ₀₅	11	12	13					–		

При возделывании озимого рапса трехкратная некорневая подкормка (осенью, в фазу 4-х листьев, в фазу стеблевания и в фазу бутонизации) борным удобрением ЭТИДОТ-67 на фоне минеральных способствовала повышению урожайности семян (табл. 3). В сравнении с фоновым вариантом в среднем за два года прибавки урожайности семян в зависимости от доз удобрения составили 4,2–5,1 ц/га, по годам – 3,8–5,2 ц/га. Эффективность исследуемого удобрения была выше при высокой дозе.

Одним из важных показателей, определяющим качество семян озимого рапса, является содержание масла, количество которого зависит от условий внешней среды и агротехнических приемов возделывания. Наши исследования показали, что применение исследуемого удобрения ЭТИДОТ-67 в различных дозах не ока-

зало существенного влияния на масличность в сравнении с фоновым вариантом. По годам исследований по всем вариантам опыта в семенах озимого рапса со-держалось от 47,5 до 49,1% масла.

Таблица 3

Влияние борного удобрения ЭТИДОТ-67 на урожайность и масличность семян озимого рапса

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону, ц/га	Масличность, %
	2014 г.	2015 г.	среднее		
1. Вариант без удобрений	26,6	22,4	24,5		47,8
2. N ₂₀₇ P ₇₈ K ₁₁₀ – фоновый вариант	48,4	44,8	46,6	–	48,9
3. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	52,9	48,6	50,8	4,2	48,7
4. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	53,6	49,7	51,7	5,1	48,3
НСР ₀₅	3,0	3,0	3,1		–

При возделывании кукурузы в производственном опыте применение борного удобрения ЭТИДОТ-67 в дозах 1,0 и 1,5 кг/га способствовало повышению урожайности. В среднем за два года исследований прибавки урожайности зеленой массы от некорневой подкормки в фазу 6–8 листьев удобрением составили до 42 ц/га в сравнении с фоновым вариантом (табл. 4). По годам они колебались от 36 до 48 ц/га. Исследуемое борное удобрение было эффективно как при минимальной, так и при высокой дозе. Содержание нитратов в зеленой массе по вариантам опыта не превышало установленную предельно допустимую концентрацию (ПДК – 500 мг/кг) и составило по годам исследований от 204 до 246 мг/кг сырой массы.

Таблица 4

Влияние борного удобрения ЭТИДОТ-67 на урожайность и содержание нитратов в зеленой массе кукурузы

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону, ц/га	Содержание нитратов, мг/кг сырой массы
	2014 г.	2015 г.	среднее		
1. Вариант без удобрений	242	265	254		222
2. Навоз 60 т/га + N ₁₂₇ P ₅₀ K ₁₀₅ – фоновый вариант	411	406	409	–	229
3. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	448	453	450	41	209
4. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	459	442	451	42	241
НСР ₀₅	25	18	22		–

При внесении в некорневую подкормку кукурузы борного удобрения ЭТИДОТ-67 в возрастающих дозах урожайность зерна в среднем за два года была выше на 6,8 и 7,2 ц/га в сравнении с фоновым вариантом (табл. 5). По годам исследований были получены прибавки урожайности от 5,4 до 9,0 ц/га. Отмечено, что применение в некорневую подкормку исследуемого удобрения в указанных дозах не оказало существенного влияния на питательную ценность зерна, однако отмечалась тенденция повышения содержания сырого протеина, крахмала и жира.

Таблица 5

**Влияние борного удобрения ЭТИДОТ-67 на урожайность
и питательную ценность зерна кукурузы**

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к фону, ц/га	Сырой протеин	Крахмал	Жир
	2014 г.	2015 г.	среднее				
1. Вариант без удобрений	63,5	62,1	62,8		7,0	70,6	4,8
2. Навоз 60 т/га + N ₁₂₇ P ₅₀ K ₁₀₅ – фоновый вариант	88,7	84,1	86,4	–	8,1	70,7	4,9
3. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	94,6	91,8	93,2	6,8	8,9	71,3	5,2
4. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	97,7	89,5	93,6	7,2	8,0	71,2	5,2
НСР ₀₅	5,2	3,5	4,5			–	

При возделывании картофеля применение борного удобрения ЭТИДОТ-67 в некорневую подкормку в фазу бутонизации в возрастающих дозах способствовало повышению урожайности клубней с 472 ц/га в фоновом варианте до 497–505 ц/га (табл. 6). Прибавки урожайности клубней в зависимости от доз удобрения составили 25–33 ц/га. Эффективность исследуемого удобрения повышалась с увеличением дозы. Применение удобрения ЭТИДОТ-67 не способствовало повышению содержания крахмала в клубнях картофеля. Сбор крахмала при внесении исследуемого удобрения был выше на 3,1 и 1,1 ц/га по сравнению с фономом. Содержание нитратов в клубнях картофеля находилось в пределах установленной предельно допустимой концентрации (ПДК – 150 мг/кг).

Таблица 6

Влияние борного удобрения ЭТИДОТ-67 на урожайность и качественные показатели клубней картофеля (2015 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Содержание нитратов, мг/кг сырой массы	Крахмал	
				%	сбор с урожаем, ц/га
1. Вариант без удобрений	291		60,3	10,7	31,1
2. N ₁₂₂ P ₇₅ K ₁₈₀ – фоновый вариант	472	–	76,2	12,5	59,0
3. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	497	25	82,4	12,5	62,1
4. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	505	33	63,8	11,9	60,1
НСР ₀₅		20		–	

Возделывание яблони в производственных условиях на фоне минеральных удобрений с применением удобрения ЭТИДОТ-67 в возрастающих дозах обеспечивало повышение урожайности плодов (табл. 7). В сравнении с фоновым вариантом от трехкратной некорневой подкормки (в фазу обособления бутона, после цветения и размер плода – грецкий орех) исследуемым удобрением получены прибавки урожайности 2,2 и 1,3 ц/га. При этом наблюдалось улучшение качества плодов. Содержание нитратов в плодах яблони по вариантам опыта составляло от 15,5 до 24,4 мг/кг сырой массы, что не превышает установленную предельно

допустимую концентрацию (ПДК – 60 мг/кг). По сравнению с фоновым вариантом от применения исследуемого удобрения отмечалась тенденция повышения содержания сухого вещества.

Таблица 7

Влияние удобрения ЭТИДОТ-67 на урожайность и показатели качества плодов яблони (2015 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Содержание нитратов, мг/кг сырой массы	Содержание сухого вещества, %
1. Вариант без удобрений	6,7		24,4	15,9
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – фоновый вариант	13,1	–	18,2	16,7
3. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	15,3	2,2	24,4	17,3
4. Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	14,4	1,3	15,5	17,6
НСР ₀₅		1,2		–

Для более полной оценки эффективности некорневых подкормок сельскохозяйственных культур борным удобрением ЭТИДОТ-67 был проведен экономический анализ. Экономическая эффективность рассчитана на основании полученных в опыте средних прибавок урожайности и нормативных данных затрат и цен на продукцию растениеводства. Анализ полученных данных показал, что применение борного удобрения ЭТИДОТ-67 в возрастающих дозах способствовало получению прибыли и было рентабельным (табл. 8). Так, от некорневых подкормок озимой пшеницы исследуемым удобрением получен чистый доход 11,8–32,1 USD/га при рентабельности 41–83%, сахарной свеклы – 4,2–7,6 USD/га и 7–14%, картофеля – 128,1–170,1 USD/га и 280–287% соответственно. При возделывании кукурузы на зеленую массу некорневая подкормка удобрением ЭТИДОТ-67 позволила получить чистый доход 74,5 USD/га при рентабельности 206%, на зерно – 46,8–47,7 USD/га и 131–143% соответственно. Применение 3-кратной некорневой подкормки озимого рапса обеспечило получение чистого дохода 30,1–36,1 USD/га при рентабельности 57–58%.

Таблица 8

Экономическая эффективность применения в некорневые подкормки борного удобрения ЭТИДОТ-67 при возделывании сельскохозяйственных культур (в расчете на 1 га)

Вариант	Прибавка урожайности, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
Озимая пшеница					
Фон + ЭТИДОТ-67 (0,75 кг/га)	3,2	40,3	28,5	11,8	41
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	5,6	70,6	38,5	32,1	83
Сахарная свекла					
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	25	62,5	54,9	7,6	14
Фон + ЭТИДОТ-67 (2,0 кг/га)	26	65,0	60,8	4,2	7
Озимый рапс					
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	4,2	82,3	52,2	30,1	58
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	5,1	100,0	63,9	36,1	57

Вариант	Прибавка урожайности, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Затраты, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
Кукуруза (зеленая масса)					
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	41	110,7	36,2	74,5	206
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	42	113,4	39,3	74,1	188
Кукуруза (зерно)					
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	6,8	79,6	32,8	46,8	143
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	7,2	84,2	36,5	47,7	131
Картофель					
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,0 кг/га)	25	173,8	45,7	128,1	280
Фон + ЭТИДОТ-67 (1,5 кг/га)	33	229,4	59,3	170,1	287

ВЫВОДЫ

1. Некорневые подкормки озимой пшеницы борным удобрением ЭТИДОТ-67 на фоне минеральных удобрений способствовали повышению урожайности зерна на 3,2–5,6 ц/га, при чистом доходе 11,8–32,1 USD/га и рентабельности 41–83%.

2. Применение борного удобрения ЭТИДОТ-67 в некорневые подкормки сахарной свеклы на фоне органических и минеральных удобрений обеспечивало повышение урожайности корнеплодов на 26 ц/га, выхода сахара – на 2,8–3,3 ц/га при чистом доходе 4,2–7,6 USD/га и рентабельности 7–14%.

3. Внесение в некорневые подкормки озимого рапса борного удобрения ЭТИДОТ-67 на фоне минеральных удобрений повышало урожайность семян на 4,2–5,1 ц/га с содержанием масла 48,7% при чистом доходе 30,1–36,1 USD/га и рентабельности 57–58%.

4. При возделывании кукурузы внесение удобрения ЭТИДОТ-67 в различных дозах в некорневую подкормку увеличивало урожайность зеленой массы и зерна на 42 ц/га и 7,2 ц/га при чистом доходе 74,5 и 47,7 USD/га и рентабельности 206 и 143% соответственно.

5. Применение борного удобрения ЭТИДОТ-67 в технологии возделывании картофеля повышало урожайность клубней на 25–33 ц/га при чистом доходе 128,1–170,1 USD/га и рентабельности 280–287%.

6. Некорневые подкормки яблони удобрением ЭТИДОТ-67 в возрастающих дозах увеличивали урожайность плодов на 1,3–2,2 ц/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Володько, И.К.* Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды / И.К. Володько. – Минск: Наука и техника, 1983. – 192 с.
2. *Лапа, В.В.* Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2002. – 184 с.
3. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 4. – С. 23–24.

4. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
5. Агрохимия / Под ред. Б.А.Ягодина. – М.: Колос, 1982. – 574 с.
6. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: реком. / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 28 с.
7. Справочник агрохимика / В.В.Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
8. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

EFFICIENCY OF BORON FERTILIZER ETIDOT-67 IN CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS ON SOD-PODZOLIC SOILS

M.V. Rak, S.A. Titova, T.G. Nikolaeva

Summary

The efficiency of the use of boron fertilizer ETIDOT-67 in the cultivation of winter wheat, sugar beet, winter rape, maize, potato and apple in the production experiments was studied. It is established that foliar application of boron fertilizer ETIDOT-67 during the growing period increased yield and quality of the crops.

УДК 631.445.2:631.859.424:631.465

ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ БОРОМ НА ЕЕ ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Н.А. Михайловская, М.В. Рак, Е.Н. Пукалова С.В. Дюсова,

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Определение активности почвенных ферментов представляет интерес как способ биологической диагностики, позволяющий решать разные задачи – по оценке качества и плодородия почвы [1, 3, 4, 5, 21], нормирования нагрузки по удобрениям [3, 5], оценке степени эродированности почв [5, 13, 14], разных видов техногенного загрязнения почв [3] и других антропогенных факторов. Возможности ферментативной диагностики обусловлены функциями ферментов, которые катализируют разнонаправленные почвенные процессы как минерализационные, так и гумификационные. В целом экологические функции почвы зависят от сложного комплекса биохимических реакций, катализируемых ферментами. Изменение их

активности оказывает непосредственное влияние на условия питания растений, плодородие и экологию почвы [2, 3, 4].

При использовании ферментативной активности для диагностических целей сложно ограничиться одним энзиматическим показателем. Объективные данные даёт определение активности ряда ключевых биохимических процессов, ответственных за основные экологические функции почвы – минерализацию и гумификацию органических остатков [5].

Преимуществами ферментативной диагностики являются более высокая стабильность по сравнению с другими показателями биологической активности [2, 4, 5], относительная простота измерения и быстрый отклик на антропогенное воздействие. Статистически достоверные изменения ферментативной активности, вызванные антропогенными факторами, регистрируются на более ранних этапах и в большей степени подходят для ранней диагностики неблагоприятных экологических тенденций [9, 10].

В настоящее время актуальны исследования по влиянию микроэлементов на почвенные биохимические процессы и определение биологически обоснованных уровней обеспеченности почв микроэлементами. При возделывании зерновых культур по интенсивным технологиям роль микроудобрений существенно возрастает [16].

Микроэлементы играют важную роль в физиологических и биохимических процессах на клеточном уровне. Они входят в состав основных биологически активных соединений – ферментов, витаминов, гормонов, участвуют в биосинтезе и метаболизме углеводов, белков, жиров [15]. Бор – один из незаменимых микроэлементов, необходимых для нормального функционирования растительной клетки. Его роль в метаболизме растительной клетки очень важна. Бор необходим для стабилизации структуры клеточных стенок растений [17]. Дефицит бора, как правило, проявляется в нарушении механизма построения и роста клеточных стенок, что останавливает прирост и образования молодых листьев и корней [18]. Известно также, что бор регулирует текучесть плазмалеммы и является основой физиологического механизма устойчивости растений к световому и низкотемпературному стрессу [20]. Дефицит бора, незаменимого для формирования меристемы, приводит к щуплости зерна и ухудшению посевных качеств семян [19].

Цель исследований – в модельном полевом эксперименте определить влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы водорастворимым бором (диапазон содержания бора от 0,3 до 1,5–1,7 мкг/кг) на ее ферментативную активность и урожайность сельскохозяйственных культур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование эффективности борного удобрения при различной обеспеченности почвы водорастворимым бором проведены в 2010–2011 гг. в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на рыхлых водно-ледниковых супесях, сменяемых с глубины около 0,5 м связной супесью. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: рН в КCl – 5,7–6,4, содержание гумуса – 2,4–2,9%, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 205–280, K_2O (0,2 М HCl) – 255–312 мг/кг почвы. Исходное содержание подвижного бора в пахотном слое 0,28–0,35 мг/кг почвы. Изучение

действия некорневых подкормок картофеля борным удобрением проводилось на фоне органических и минеральных удобрений.

Схема полевого опыта включала 3 варианта некорневых подкормок растений различными дозами борного удобрения и была развернута на пяти уровнях насыщения почвы водорастворимым бором (0,3 – низкий; 0,6–0,7 – средний; 0,9–1,0 – высокий; 1,2–1,3 избыточный и 1,5–1,7 избыточный мг/кг). Уровни насыщения пахотного слоя почвы водорастворимым бором были созданы внесением борной кислоты в виде водного раствора.

Некорневые подкормки картофеля проводили в фазу начало бутонизации. В качестве борного удобрения использовалось микроудобрение с биостимулятором МикроСтим-Бор, содержащее 150 г/л бора в органо-минеральной форме.

Методы исследований. Активность инвертазы определяли по методу Т.А. Щербаковой [4, 22], основанному на колориметрическом определении количества редуцирующих сахаров в результате реакции с 3,5-динитросалициловой кислотой. В качестве ферментного субстрата используется сахароза, активность инвертазы рассчитывается по количеству глюкозы, образовавшейся в результате ферментативной реакции.

Уреазную активность почвы определяли по методу Т.А. Щербаковой [4]. В качестве ферментного субстрата используется мочевины, активность фермента рассчитывается по количеству образующегося аммонийного азота. Для определения полифенолоксидазной и пероксидазной активности почвы применяли колориметрический метод Л.А. Карягиной, Н.А. Михайловской [22], включающий использование гидрохинона в качестве субстрата ферментов. Активность рассчитывается по количеству продукта ферментативной реакции 1,4-р- бензохинона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В почвах обнаружены представители всех шести известных классов ферментов, выполняющих различные функции. Большинство исследователей в области почвенной энзимологии считают, что наиболее существенную роль играют два класса – гидролитические и окислительные ферменты [1, 2, 9].

Гидролитические ферменты обеспечивают ускоренное протекание многостадийных процессов минерализации разнообразных по химическому составу органических соединений и высвобождение доступных элементов питания [2, 8, 9]. По значимости можно выделить ключевые гидролитические ферменты, ответственные за разложение наиболее распространенных в почве форм нахождения основных биогенных элементов – углерода и азота.

Установлено, что преобладающие формы органического углерода в почвах – поли- и олигосахариды, а наиболее распространенные формы органического азота – амидные [23]. Естественно, что процессы их минерализации являются наиболее масштабными деструкционными процессами [1, 23], по интенсивности которых можно судить о минерализующей способности почвы.

Влияние бора на минерализацию углеводов в дерново-подзолистой супесчаной почве. Ферментативный гидролиз поли- и олигосахаридов представляет собой многостадийный процесс, катализируемый на разных этапах специфическими группами ферментов [2, 4]. Известно, что для объективной оценки интенсивности многостадийных процессов целесообразно определять активность ферментов завершаю-

щих стадий гидролиза, когда в почву поступают конечные продукты – моносахариды и аммонийный азот [24]. Выбор инвертазной и уреазной активности в качестве диагностических показателей минерализации был обусловлен их критической ролью в высвобождении низкомолекулярных сахаров и минерального азота.

По средним данным на всех изученных уровнях содержания водорастворимого бора в дерново-подзолистой супесчаной почве инвертазная активность на вариантах NPK варьировала в пределах 1772–2176 мг глюкозы/кг почвы. На вариантах с некорневым внесением бора на фоне полного минерального удобрения, NPK + B₅₀, отмечена более высокая активность фермента, в диапазоне 1983–2463 мг глюкозы/кг почвы (табл. 1). В целом дополнительное некорневое внесение бора стимулировало инвертазную активность почвы.

Таблица 1

Инвертазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от насыщения бором и его некорневого внесения, (2010–2011 гг.)

Вариант	Активность, мг глюкозы/кг		
	2010 г.	2011 г.	2010–2011 гг.
I уровень 0,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	1865	1579	1722
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	2332	1635	1983
II уровень 0,6–0,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	2266	1722	1994
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	2801	1993	2397
III уровень 0,9–1,0 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	2511	1842	2176
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	3046	1880	2463
IV уровень 1,2–1,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	2301	1598	1949
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	2331	1730	2030
V уровень 1,5–1,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	2200	1692	1946
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	2236	1786	2011
НСП ₀₅ А (удобрения)		69,6	
В (уровни В)		109,5	

B_{0,05 кг/га} – некорневое внесение бора.

Установлена зависимость инвертазной активности от содержания микроэлемента в почве. Увеличение содержания бора в почве от 0,3 до 0,9–1,0 мг/кг повышало интенсивность трансформации углеводов, наиболее высокий уровень активности инвертазы отмечен при содержании бора в почве 0,9–1,0 мг/кг. Повышение его содержания до 1,2–1,3 мг/кг почвы уже вызывало достоверное снижение активности фермента на фонах NPK и NPK + B₅₀. На вариантах NPK и NPK + B₅₀ закономерности варьирования инвертазной активности в зависимости от содержания бора в почве были аналогичны (табл. 1).

Таким образом, в диапазоне содержания водорастворимого бора в дерново-подзолистой супесчаной почве в пределах от 0,3 до 0,9–1,0 мг/кг отмечалось повышение способности почвы к минерализации поли- и олигосахаридов и обес-

печению микробных сообществ источниками энергии, а дальнейшее насыщение почвы бором нецелесообразно, так как приводило к снижению (или стабилизации) этой способности. Снижение активности фермента на IV и V уровнях указывает, что более высокое содержание бора является избыточным и замедляет минерализацию углеводов в почве (табл. 1).

Влияние бора на трансформацию азотсодержащих органических соединений почвы. Важная роль в обеспечении растений минеральным азотом принадлежит гидролитическим ферментам цикла азота, так как основной запас азота почвы составляют сложные органические соединения. В результате универсального микробиологического процесса аммонификации азот белков и их производных переходит в доступные для растений формы. Последовательное действие ряда гидролитических ферментов – протеаз, пептидаз, дезаминаз и амидогидролаз определяет динамику азота в почве [2–5]. На завершающих стадиях аммонификации, обеспечивающих собственно образование аммония, действуют амидогидролазы, к которым относится изученный фермент уреазы.

Для уреазной и инвертазной активности установлены сходные зависимости от уровня обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором. Насыщение почвы микроэлементом в диапазоне от 0,3 до 0,9–1,0 мг/кг стимулировало уреазную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы от 170 до 196 мг $N-NH_4^+$ /кг на фонах NPK и от 181 до 203 мг $N-NH_4^+$ /кг на фонах NPK + B_{50} , указывая на активизацию процессов аммонификации и рост обеспеченности почвы минеральными формами азота. При отмеченных уровнях содержания микроэлемента в почве замедление аммонификации не наблюдали. Депрессия уреазной активности установлена на IV и V уровнях обеспеченности, при содержании бора в почве 1,2–1,3 и 1,5–1,7 мг/кг. Данные по активности уреазы показали, что насыщение дерново-подзолистой супесчаной почвы бором свыше 0,9–1,0 мг/кг и тем более до 1,5–1,7 мг/кг является избыточным и тормозит процессы аммонификации, нарушая баланс микробиологических процессов (табл. 2).

Таким образом, экспериментальные данные свидетельствуют, что целесообразным или биологически обоснованным является насыщение дерново-подзолистой супесчаной почвы до уровня содержания водорастворимого бора – 0,9–1,0 мг/кг. Это усиливает интенсивность протекания основных минерализационных процессов, регулирующих питание растений, микроорганизмов и почвенное плодородие – аммонификацию и минерализацию углеводов. Насыщение дерново-подзолистой супесчаной почвы бором до 1,2–1,3 мг/кг и выше можно рассматривать как избыточное вследствие наблюдаемого снижения или депрессии активности гидролитических ферментов, уреазы и инвертазы (табл. 1, 2).

Влияние бора на биохимические показатели интенсивности гумификации в дерново-подзолистой супесчаной почве. Значимым классом почвенных ферментов являются оксидазы. Окислительные ферменты катализируют процессы окисления ароматических соединений (лигнинов), также широко распространенной формы почвенного углерода, наряду с поли- и олигосахаридами [23]. Продукты ферментативного окисления, хиноны, в силу высокой реакционной способности вступают в реакции конденсации с аминокислотами и пептидами с образованием гуминовых кислот [11, 12]. Окислительная полимеризация, или гумификация лигнинов, под действием оксидаз рассматривается как наиболее универсальный и масштабный процесс, приводящий к синтезу органических веществ в почве [25, 26].

**Уреазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы
в зависимости от насыщения бором и его некорневого внесения
(2010–2011 гг.)**

Вариант	Активность, мг N-NH ₄ /кг почвы		
	2010 г.	2011 г.	2010–2011 гг.
I уровень 0,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	192	148	170
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	207	155	181
II уровень 0,6–0,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	209	153	181
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	218	157	187
III уровень 0,9–1,0 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	237	156	196
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	244	162	203
IV уровень 1,2–1,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	209	151	180
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	221	152	186
V уровень 1,5–1,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	182	155	168
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ + B _{0,05}	186	155	170
НСР ₀₅ А (удобрения)		5,0	
В (уровни В)		7,9	

По современным представлениям окислительная полимеризация ароматических соединений протекает в почве двумя путями – при участии кислорода воздуха и за счет кислорода перекиси водорода [27]. Полифенолоксидазы окисляют ароматические соединения за счет кислорода воздуха, пероксидазы – за счет кислорода перекиси водорода.

Определение активности окислительных ферментов позволило установить влияние бора на интенсивность гумификационных процессов в дерново-подзолистой супесчаной почве. По средним данным установлено статистически достоверное повышение полифенолоксидазной активности до III уровня насыщения почвы водорастворимым бором (0,9–1,0 мг/кг) от 16,2 до 18,5 мг бензохинона/кг на вариантах НРК и от 17,9 до 19,8 мг бензохинона/кг на вариантах НРК+В₅₀. Тенденция снижения активности полифенолоксидазы регистрируется на IV и V уровнях насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы бором (табл. 3).

Аналогичные закономерности установлены при оценке пероксидазной активности почвы, ведущей окислительную полимеризацию в присутствии кислорода перекиси водорода (анаэробная гумификация). В вариантах с внесением полного минерального удобрения НРК и в сочетании с некорневым внесением бора НРК + В₅₀ отмечено повышение активности пероксидазы до III уровня, дальнейшее насыщение дерново-подзолистой супесчаной почвы бором приводило к снижению активности фермента (табл. 4).

Таблица 3

**Полифенолоксидазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы
в зависимости от насыщения бором и его некорневого внесения
(весна 2010–2011 гг.)**

Вариант	Активность, мг бензохинона / кг		
	2010 г.	2011 г.	2010–2011 гг.
I уровень 0,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	17,4	15,1	16,2
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	22,2	13,7	17,9
II уровень 0,6–0,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	20,4	14,1	17,2
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	25,0	11,4	18,2
III уровень 0,9–1,0 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	21,9	15,1	18,5
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	25,9	13,7	19,8
IV уровень 1,2–1,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	23,3	12,3	17,8
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	27,0	10,0	18,5
V уровень 1,5–1,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	20,4	14,1	17,2
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	23,7	13,7	18,7
НСП ₀₅ А (удобрения)		0,62	
В (уровни В)		0,98	

Таблица 4

**Пероксидазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы
в зависимости от насыщения бором и его некорневого внесения, (2010–2011 гг.)**

Вариант	Активность, мг бензохинона / кг / 1 час		
	2010 г.	2011 г.	2010–2011 гг.
I уровень 0,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	13,5	11,3	12,4
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	13,8	10,9	12,3
II уровень 0,6–0,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	14,8	12,9	13,8
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	15,4	10,9	13,1
III уровень 0,9–1,0 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	15,3	11,9	13,6
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	16,9	10,2	13,5
IV уровень 1,2–1,3 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	16,6	10,9	13,7
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	18,7	9,9	14,3
V уровень 1,5–1,7 мг/кг			
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀	14,0	11,4	12,7
Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ +B _{0,05}	15,8	9,8	12,8
НСП ₀₅ А (удобрения)		0,54	
В (уровни В)		0,86	

Таким образом, результаты определения активности оксидаз показывают, что насыщение дерново-подзолистой супесчаной почвы до уровней содержания водорастворимого бора от 0,3 до 0,9–1,0 мг/кг в вариантах NPK и NPK + B₅₀ способствовало ускорению процессов гумификации лигнинов органических остатков. Снижение или депрессия полифенолоксидазной и пероксидазной активности отмечается при насыщении дерново-подзолистой супесчаной почвы бором свыше указанного оптимума 0,9–1,0 мг/кг (табл. 1, 2).

Результаты 2-летних исследований свидетельствуют о высокой чувствительности картофеля к различному уровню содержания бора в почве и некорневой подкормке борным удобрением (табл. 5).

Таблица 5

Влияние борных удобрений на урожайность и качество картофеля при различном уровне обеспеченности почвы бором (2010–2011 гг.)

Уровни содержания бора в почве, мг/кг	Вариант		Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Содержание крахмала, %	Сбор крахмала, ц/га
Низкое (0,3)	1. Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ – фон		288	–	15,6	44,9
	2. Фон + B _{0,05}	Микро Стим-Бор	342	54	16,6	56,4
	3. Фон + B _{0,10}		345	57	16,1	55,5
	4. Фон + B _{0,15}		352	64	15,8	55,6
Среднее (0,6–0,7)	1. Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ – фон		354	–	15,5	54,9
	2. Фон + B _{0,05}	Микро Стим-Бор	407	53	15,2	61,9
	3. Фон + B _{0,10}		395	41	15,8	62,4
	4. Фон + B _{0,15}		385	31	15,3	58,9
Высокое (0,9–1,0)	1. Навоз 60 т/га + N ₁₀₀ P ₇₅ K ₁₂₀ – фон		367	–	15,2	55,8
	1. Фон + B _{0,05}	Микро Стим-Бор	413	46	15,2	62,8
	2. Фон + B _{0,10}		402	35	15,8	63,5
	3. Фон + B _{0,15}		360	–	15,9	57,2
НСР ₀₅ вариантов/уровней			28,2/35,5			

При возделывании картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве оптимальным содержанием бора в почве является 0,6–0,7 мг/кг (средний уровень), которое обеспечивает достоверное повышение урожайности клубней с 288 до 354 ц/га и увеличение сбора крахмала с 44,9 до 54,9 ц/га. Последующее повышение концентрации бора в почве до 1,2–1,5 мг/кг не оказывает положительного влияния на урожайность картофеля.

Уровень прибавок картофеля от некорневых подкормок борным удобрением в фазу бутонизации зависел от содержания бора в почве. Самая высокая эффективность от некорневых подкормок борными удобрениями обеспечивается при низком содержании бора в почве (прибавки урожайности картофеля составили 54–64 ц/га). При средней обеспеченности супесчаной почвы бором прибавки

урожайности картофеля от некорневых подкормок борными удобрениями были ниже и составили 31–53 ц/га. При избыточном уровне содержания бора в почве применение различных доз борного удобрения в некорневую подкормку неэффективно.

Применение некорневых подкормок борными удобрениями оказывало положительное влияние на повышение содержания крахмала в клубнях картофеля только при низкой обеспеченности почвы бором. Сбор крахмала зависел от урожайности клубней картофеля и составлял по вариантам опыта от 44,9 до 63,5 ц/га.

ВЫВОДЫ

1. В полевом эксперименте, моделирующем насыщение дерново-подзолистой супесчаной почвы до следующих уровней содержания водорастворимого бора: 0,3; 0,6–0,7; 0,9–1,0; 1,2–1,3 и 1,5–1,7 мг/кг, проведена ферментативная диагностика по гидролитическим (инвертаза и уреазы) и окислительным (полифенолоксидаза и пероксидаза) ферментам.

2. Установлено влияние бора на основные минерализационные (аммонификацию и минерализацию углеводов) и гумификационные (окислительная полимеризация) процессы, регулирующие питание растений, микроорганизмов и почвенное плодородие. Определен биологически обоснованный уровень содержания бора в дерново-подзолистой супесчаной почве – 0,9–1,0 мг/кг, стимулирующий минерализацию и гумификацию на вариантах с внесением органических и минеральных удобрений (NPK) и их сочетании с некорневым внесением бора в дозе 0,05 кг/га.

3. Данные ферментативной диагностики показали, что насыщение дерново-подзолистой супесчаной почвы бором до 1,2–1,3 мг/кг и 1,5–1,7 мг/кг можно рассматривать как избыточное вследствие наблюдаемого снижения активности гидролитических и окислительных ферментов.

4. Повышение обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором с 0,3 до 1,0 мг/кг обеспечивало увеличение урожайности клубней картофеля. Эффективность некорневых подкормок картофеля борным удобрением МикроСтим-Бор возрастает при низкой обеспеченности почвы бором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звягинцев, Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.Л. Бабьева, Г.М. Зенова. – МГУ, 2005. – 445 с.
2. T.W. Speir, D.J. Ross. Hydrolytic enzyme activities to assess soil degradation and recovery. In: R.P. Dick, R.G. Burns, eds. Enzymes in the environment: activity, ecology, and applications. – 2002. – P. 407–431.
3. Микроорганизмы и охрана почв / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М: изд-во МГУ, 1989. – 206 с.
4. Щербакова, Т.А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
5. Биохимические и микробиологические критерии оценки плодородия почв и нормирования антропогенной нагрузки: метод. рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 40 с.

6. *Boyd, S.A.* Enzyme interactions with clays and clay-organic matter complexes / S.A. Boyd, M.M. Mortland // *Soil Biochemistry*. – New York: Marcel Dekker, 1990. – P. 1–28.

7. *Skujins, J.* History of abiotic soil enzyme research. / J. Skujins // *Soil Enzymes* / Editor R.G. Burns. – Academic Press, New York, 1978. – P. 1–49.

8. *Caldwel, B.A.* Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review / B.A. Caldwell // *Pedobiologia*. – 2005. – Vol. 49, № 6. – P. 637–644.

9. *Dick, R.P.* Enzymes in the Environment: Activity, Ecology & Applications / R.P. Dick // Granada, Spain. – 1999. – P. 164.

10. *Vepsalainen, M.* Application of soil enzyme activity test kit in a field experiment / M. Vepsalainen, S. Kukkonen, M. Veestberg et al. // *Soil Biol. Biochem.* – 2001. – Vol. 33. – P. 1665–1672.

11. T.K. Kirk and R.L. Ferrell. Enzymatic «combustion»: the microbial degradation of lignin / T.K. Kirk and R.L. Ferrell. // *Annu. Rev. Microbiol.* – 1987. – V. 41. – P. 465–505.

12. *Martin, J.P.* Comparison of the use of phenolase and peroxidase for the synthesis of model humic acid type polymers / J.P. Martin, K.A. Haider // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* – 1980. – V. 44. – P. 983–988.

Способ оценки степени эродированности дерново-подзолистых почв на основе ферментативных показателей: пат. 17096 Респ. Беларусь G 01 33/24 / Н.А. Михайловская, В.В. Лапа, А.Ф. Черныш, О.В. Василевская; заяв. ИПА – № а20101465; заявл. 11.10.2010; опубл. 28.01.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2(91). – С. 136.

13. Ферментативная активность эродированных дерново-подзолистых почв на мощных моренных суглинках / Н.А. Михайловская // *Почвоведение и агрохимия*. – 2013. – № 2(51). – С. 123–133.

14. *Анспок, П.И.* Микроудобрения / П.И. Анспок. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

15. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: реком. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 28 с.

16. *Match, T.* (1997). Boron in plant cell walls / Match T // *Plant and Soil* 193: 59

17. *Dell, B.* Physiological response of plants to low boro / Dell B. and Huang L. (1997) // *Plant and Soil* 193: 103–120.

18. *Dell, B., Huang, L. and Bell, R.W.* (2002). Boron in plant reproduction. p. 103–118. In H.E. Goldbach, B. Rerkasem, M. Wimmer, P.H. Brown, M. Th ellier and R.W. Bell (eds.), *Boron in Plant and Animal Nutrition*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.

19. *Huang, L., Ye, Z., Bell, R.W. and Dell, B.* (2005). Boron nutrition and chilling tolerance of warm climate crop species. *Annals of Botany* 96: 755–767.

20. *Карягина, Л.А.* Микробиологические основы повышения плодородия почв / Л.А. Карягина. – Минск: Наука и техника. – 1983. – 182 с.

21. *Хазиев, Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М., Наука, 1990. – 189 с.

22. *Knicker, H.* Incorporation studies of NH_4^+ during incubation of organic residues by ^{15}N -CPMAS-NMR-spectroscopy / H. Knicker, H.D. Lüdemann and K. Haider // *Eur. J. Soil Sci.* 48 (1997). – P. 431–441.

23. Звягинцев, Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д.Г. Звягинцев. – Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–52.

24. Sariaslani, F.S. Microbial enzymes for oxidation of organic molecules / F.S. Sariaslani // Crit. Rev. Biotechnol. – 1989. – Vol. 9. – P. 171–257.

25. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – С. 122–133.

26. Гулько, А.Е. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность / А.Е. Гулько, Ф.Х. Хазиев, – Почвоведение. – 1992. – № 11. – С. 55–67.

EFFECT OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL SUPPLY BY BORON ON ENZYMES ACTIVITY AND POTATO YIELDS

N.F. Mikhailouskaya, M.V. Rak, E.N. Pukalova, S.V. Dyusova

The estimations of hydrolytic (invertase and urease) and oxidation (polyphenoloxidase and peroxidase) enzyme activities were conducted in the field experiment modeling different supply of Luvisol loamy sand soil by water soluble boron (0,3; 0,6–0,7; 0,9–1,0; 1,2–1,3 и 1,5–1,7 mg kg⁻¹). Biologically filled level of Luvisol loamy sand soil supply by water soluble boron was determined – 0,9–1,0 mg kg⁻¹, that stimulate mineralization and humification processes in soil on treatments with organic and mineral fertilization and their combination with foliar sprays by boron (0.05 kg ha⁻¹). The rise of water soluble boron concentration in Luvisol loamy sand soil from 0.3 up to 1.0 mg kg⁻¹ resulted in the increase of potato yields. The efficiency of foliar spray of potato by boron fertilizer MicroStim-Boron was higher under low soil supply by boron.

Поступила 28.04.16

РЕФЕРАТЫ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.474:631.452

Шибут Л.И., Цытрон Г.С., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В. Оценка сельскохозяйственных земель в Беларуси: история, современное состояние, перспективы // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 7.

В статье изложена история развития оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси, дан анализ предыдущих оценок, их методик и результатов использования в сельскохозяйственном производстве; представлена методика проводимой в настоящее время кадастровой оценки земель, ее отличия от предыдущих оценок; приведены основные методические положения разрабатываемой энергетической оценки плодородия почв, основанной на запасах внутренней энергии гумуса, содержащегося в пахотном горизонте почв.

Библиогр. 15.

УДК 631.4

Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Касьяненко И.И. Современное агрофизическое состояние почв Центральной почвенно-экологической провинции // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 15.

В статье приведены результаты маршрутных исследований, выполненных на пахотных землях в Центральной почвенно-экологической провинции, почвенный покров которой представлен различными группами почвообразующих пород. Установлено, что агрофизическое состояние основных типов почв Белорусской гряды в основном зависит от генезиса почвообразующих пород, типовой принадлежности и степени подверженности эрозионным процессам. Практически все исследуемые почвы переуплотнены, а, следовательно, необходима разработка мер и приемов по регулированию агрофизического состояния почв. Почвы центрально-белорусских краевых ледниковых образований и прилегающих водно-ледниковых равнин характеризуются хорошим и удовлетворительным структурно-агрегатным составом и достаточно высокими показателями, определяющими устойчивость структуры к разрушению.

Табл. 3. Рис. Библиогр. 13.

УДК 631.425:631.153.3:004.9

Червань А.Н., Цырибко В.Б., Устинова А.М. Данные агрофизических свойств почв в формировании почвозащитных систем земледелия с применением ГИС-

технологий на примере Браславского района Витебской области // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 25.

В статье представлены приемы геоинформационной обработки данных агрофизических свойств почв для обоснования дифференциации почвозащитных систем земледелия на примере земель сельскохозяйственного назначения в Браславском районе Витебской области.

Табл. Рис. 2. Библиогр. 14.

УДК 631.4

Цырибко В.Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 36.

В статье приведена модель определения диапазонов оптимальных значений агрофизических свойств почв, сформированных на различных почвообразующих породах. Установлено, что агрофизические свойства почв, в значительной мере, определяются генезисом почвообразующих пород. Подтверждена ведущая роль показателя плотности сложения при характеристике физического состояния почв. Проведена оценка современного состояния агрофизических свойств почв.

Табл. 7. Рис. Библиогр. 8.

УДК 006.91:631.4

Шовковская А.В. Оценка точности методов определения состава и свойств почв // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 44.

Изучены подходы к оцениванию точности методов определения состава и свойств почвы, установленных в национальных и гармонизированных стандартах Украины. Установлено отсутствие единого подхода к процессу оценивания и способам выражения точности методов определения состава и свойств почвы в национальных стандартах Украины, в отличие от гармонизированных стандартов, где используется подход регламентируемый комплексом стандартов ISO 5725. Приведены результаты оценки точности (прецизионности и правильности) метода определения органического вещества (по ДСТУ 4289) согласно требованиям ДСТУ ГОСТ ИСО 5725. Обосновано преимущество использования для оценивания точности методов определения состава и свойств почвы подхода регламентированного международными стандартами ДСТУ ГОСТ ИСО 5725.

Табл. 2. Библиогр. 10.

УДК 631.434.1

Бородин А.Л. Оценка агрофизического состояния почв после предпосевной обработки по ее твердости // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 50.

Определена твердость темно-серой оподзоленной тяжелосуглинистой почвы и чернозема типичного тяжелосуглинистого после предпосевной обработки в производственных условиях традиционным способом (культиватором КТС–6 на глубину 6–8 см), экспериментальным предпосевным орудием и в модельном микрополевым опыте с созданными вручную оптимальными агрофизическими параметрами посевного слоя. Установлено, что оптимальные параметры твердости в течение 2013–2014 гг. наблюдались во всех случаях в слое 0–12 см. В 2015 оптимальные значения твердости наблюдались только в слое 0–5 см. На черноземе типичном тяжелосуглинистом наблюдались оптимальные значения твердости на глубину предпосевной обработки – в слое 0–8 см. Влияние предпосевной обработки, в случае формирования оптимальных агрофизических параметров почвы, может сохраняться в течение всего вегетационного периода. Предложены регрессионные модели, позволяющие по результатам определения твердости и влажности почвы с определенной вероятностью установить ее плотность сложения.

Табл. 2. Рис. 6. Библиогр. 8.

УДК 631.4:631.6

Воротынцева Л.И. Особенности почвообразования чернозема обыкновенного в постирригационный период // Почвоведение и агрохимия. – 2016 – № 1(56). – С. 60.

Приведены результаты длительных исследований по изучению направленности и особенностей почвообразования чернозема обыкновенного в условиях 30-летнего периода орошения непригодной водой и после его прекращения (через 6, 9 и 16 лет). Установлено, что в постирригационный период в условиях богарного землепользования происходит постепенная ренатурализация свойств почвы до параметров неорошаемого аналога. При этом почвенные процессы отличаются разной скоростью обратимости и направлены в сторону улучшения свойств чернозема обыкновенного.

Табл. 3. Рис. 2. Библиогр. 11.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Стегэреску Г.Г., Бургеля А.Н. Сравнительное изучение минералогического состояния аллювиальной почвы притеррасной поймы низовья Днестра и стагникового чернозема на водоразделе северной Молдовы // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 73.

Установлено, что обе почвы идентичны по качественному составу минералов, несут признаки слоистости породы, которые указывают, что позднеплиоценовое аллювиальное осадкообразование происходило в более спокойной обстановке, чем в современной притеррасной пойме. В древнем стагниковом черноземе присутствуют признаки более глубоко выраженного процесса выветривания, а также процесса оглинивания. Однотипность качественного состава минералов исследуемых почв свидетельствует об одних и тех же источниках

минерального материала при формировании почвообразующих пород этих почв.

Табл. 6. Библиогр. 20.

УДК 631.4:549.905.8

Алексеев В.Е., Чербарь В.В., Стегэреску Г.Г., Бургеля А.Н. Аллювиальная почва притеррасной поймы Днестра и стагниковый чернозем: природные резервы калия по минералогическим показателям // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 86.

Установлено, что в обеих почвах непосредственный, ближний и потенциальный резервы калия в равной степени велики и превышают таковые в зональных почвах. Общий резерв калия в них достигает 3300 мг/100 г. Большая разница в возрасте почв не нашла отражения на содержании в них общего резерва калия. В древнем стагниковом черноземе присутствуют признаки перераспределения резервов калия между потенциальным и ближним резервами в результате вероятного процесса оглинивания. В обеих почвах распределение резервов калия по профилю, кроме непосредственного, определяется проявлениями слоистости пород. Выдвинута гипотеза, что исключительно высокое содержание общего резерва калия в почвах на аллювиальных отложениях является их генетическим признаком.

Табл. 2. Библиогр.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:633.112.9:631.445.2

Лапа В.В., Кулеш О.Г., Мезенцева Е.Г. Особенности удобрения яровой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 93.

Приведены результаты исследований по изучению влияния различных систем удобрения на урожайность и качество зерна яровой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия. Установлена высокая эффективность одностороннего азотного удобрения.

Табл. 4. Рис.3. Библиогр. 15.

УДК 631.8:631.559:633.324:631.445.2

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А., Шумак С.М. Эффективность систем удобрения озимой ржи при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 105.

Приводятся данные по урожайности и качеству зерна диплоидного сорта озимой ржи Офелия, возделываемой на дерново-подзолистой супесчаной почве с разным содержанием подвижных фосфора и калия.

Установлено, что максимальная урожайность зерна озимой ржи 67,9 ц/га формировалась на почве с оптимальным содержанием фосфора и калия при применении P40K120 + N60+30+30 + МикроСтим Медь + PP (хлормекват-хлорид) на фоне последействия (2-й год) 40 т/га органических удобрений. При этом получен сбор белка 621 кг/га; удельный вынос основных элементов питания составил: азот – 18,2 кг/т, фосфор – 10,5, калий – 25,9, кальций – 1,8 и магний – 2,1 кг/т. Баланс азота, фосфора и калия отрицательный.

Табл. 7. Рис. Библиогр. 6.

УДК 631.8:633.12:631.445.2

Кирдун Т.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Влияние запашки побочной продукции предшественников и доз минеральных удобрений на урожайность гречихи на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 121.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве установлено, что снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом содержания фосфора и калия в запаханной соломе предшественника обеспечило урожайность зерна гречихи на уровне полных доз минеральных удобрений при снижении затрат на удобрения на 17 USD/га, или на 17%. Внесение компенсирующей дозы азота по соломе ячменя в виде карбамида обеспечило прибавку урожайности зерна гречихи на 3,5 ц/га при весеннем его внесении и 1,7 ц/га при осеннем внесении. В вариантах с внесением NPK под гречиху дополнительное внесение азота по соломе увеличило урожайность на 2,8–3,2 ц/га.

Табл. 4. Библиогр. 8

УДК 631.8:633.358

Вильдфлуш И.Р., Пироговская Г.В., Мишура О.И., Малашевская О.В. Влияние новых комплексных удобрений и регуляторов роста на биометрические показатели, урожайность и качество гороха полевого // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 129.

Некорневая подкормка на фоне N₁₈P₆₃K₉₆ комплексным удобрением Кристалон, Адоб В, Экосил и МикроСтим В повышала урожайность семян гороха на 5,9, 4,4, 4,3 и 4,0 ц/га, обеспечивая урожайность семян на уровне 36,9–38,8 ц/га, выход переваримого протеина 6,7–6,8 ц/га и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином 126–136 г.

Табл. 8. Библиогр. 9.

УДК 631.8:635.21:631.445.2

Ионас Е.Л., Вильдфлуш И.Р., Пироговская Г.В. Применение новых форм удобрений при возделывании среднепозднего сорта картофеля на дерново-подзо-

листой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 137.

Представлены результаты научных исследований по изучению влияния новых форм комплексных удобрений для основного внесения и некорневых подкормок и комплексных препаратов на основе удобрений и регуляторов роста при возделывании среднепозднего сорта картофеля Вектор. Установлено влияние новых форм комплексных удобрений на урожайность, структуру урожая и качество картофеля в условиях северо-восточной части Беларуси на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Табл. 3. Библиогр. 18.

УДК 631.442.2:631.872:631.445.25

Ткаченко Н.А., Шкляр В.Н. Влияние известкования при разных системах удобрения на качественный состав гумуса серой лесной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – №1(56). – С. 145.

В статье анализируются результаты исследований изменения содержания подвижных гуминовых кислот в серой лесной почве Лесостепи в условиях стационарного опыта, полученных при применении различных агротехнических мероприятий восстановления плодородия почвы. Показано влияние химической мелиорации при различных системах удобрения на динамику содержания гуминовых кислот первой фракции (по Тюрину) в пахотном слое. Длительное использование серой лесной почвы в сельскохозяйственном производстве без применения удобрений и известкования приводит к повышению содержания наименее агрономически ценной первой фракции гуминовых кислот, которая может вымываться за пределы почвенного профиля в условиях промывочного типа водного режима. Самый высокий положительный эффект на накопление гумуса и снижение содержания подвижных гуминовых кислот в пахотном и подпахотном слоях серой лесной почвы отмечается от применения органо-минеральных систем удобрения на фоне известкования полной и полуторной дозами по гидролитической кислотности.

Табл. 3. Библиогр. 11.

УДК 633.2/3:631.8:631.559:631.445.2

Сороко В.И., Пироговская Г.В. Влияние систем удобрения на урожайность бобово-злаковой травосмеси на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 153.

В полевых опытах на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве изучалось влияние систем удобрений на урожайность бобово-злаковой травосмеси. Представлены данные об эффективности стандартных и комплексных форм азотно-фосфорно-калийных удобрений в гранулированной и жидкой форме. Исследования выполнены на двух уровнях (30–60 т/га) органических удобрений.

Табл. 6. Библиогр. 19.

УДК 633.18: 631.524:631.445

Семененко Н.Н., Каранкевич Е.В., Авраменко Н.М. Влияние способов основной обработки почвы и систем удобрения на урожайность маслосемян озимого рапса, возделываемого в звене кормового севооборота на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 169.

В статье представлены результаты исследований комплексного влияния способов основной обработки почвы и систем удобрения, регуляторов роста на урожайность маслосемян озимого рапса, возделываемого в звене кормового севооборота на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья. Выявлено, что на фоне поверхностного дискования и внесении сбалансированных по выносу с урожаем доз удобрений, внесении в подкормку меди и бора, Экосила обеспечивается получение урожайности маслосемян озимого рапса на уровне 41,9 ц/га и прибыли до 529 \$/га. Это по урожайности не хуже, чем при вспашке, а по прибыли превышает на 26%.

Табл. 3. Библиогр. 9.

УДК 631.8.022.3:633.854.78

Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Сороко В.И., Исаева О.И., Бобовкина В.В., Шиманский Л.П. Влияние новых форм комплексных удобрений при основном внесении в почву на урожайность и качество маслосемян подсолнечника // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 176.

В статье приведены результаты экспериментальных научных исследований (2012–2014 гг.) по применению стандартных и новых форм комплексных удобрений в технологии возделывания подсолнечника на дерново-подзолистых легкосуглинистых (Минская область) и связносупесчаных (Гомельская область) почвах и их влиянию на урожайность и качество маслосемян подсолнечника.

Установлено, что применение новых форм комплексных удобрений с микроэлементами на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве позволяет увеличить урожайность семян на 2,1–5,2 ц/га, на дерново-подзолистой связносупесчаной до 2,1 ц/га по сравнению с комплексным удобрением без добавок (28,0 и 31,8 ц/га). Наиболее эффективными формами комплексных удобрений были на легкосуглинистой и связносупесчаной почвах – NPK с В(0,15%) и Mn(0,15%) и NPK с В(0,25%).

Табл. 6. Библиогр. 22.

УДК 631.8.022.3:631.445.2:633

Рак М.В., Титова С.А., Николаева Т.Г. Эффективность применения борного удобрения ЭТИДОТ-67 при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С. 193.

В производственных опытах изучена эффективность применения борного удобрения ЭТИДОТ-67 при возделывании озимой пшеницы, сахарной свеклы, озимого рапса, кукурузы, картофеля и яблони. Установлено, что некорневые подкормки борным удобрением ЭТИДОТ-67 в период вегетации повышали урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

Табл. 8. Библиогр. 8.

УДК 631.445.2:631.859.424:631.465

Михайловская Н.А., Рак М.В., Пукалова Е.Н. Дюсова С.В. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором на ее ферментативную активность и урожайность картофеля // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56.) – С. 201.

В полевом эксперименте, моделирующем пять уровней насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы водорастворимым бором – 0,3; 0,6–0,7; 0,9–1,0; 1,2–1,3 и 1,5–1,7 мг/кг, проведена ферментативная диагностика по гидролитическим (инвертаза и уреазы) и окислительным (полифенолоксидаза и пероксидаза) ферментам. Определен биологически обоснованный уровень насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы водорастворимым бором – 0,9–1,0 мг/кг, стимулирующий минерализацию и гумификацию на вариантах с внесением органических и минеральных удобрений (NPK) и их сочетании с некорневым внесением бора в дозе 0,05 кг/га. Повышение обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором с 0,3 до 1,0 мг/кг обеспечивало увеличение урожайности клубней картофеля. Эффективность некорневых подкормок картофеля борным удобрением МикроСтим-Бор возрастала при низкой обеспеченности почвы бором.

Табл. 5. Библиогр. 27.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Почвоведение и агрохимия» согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 10 июля 2014 г. № 170 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, автореферата 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 А 4, но не менее 14 тыс. печатных знаков.

Электронный вариант должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word шрифтом Arial (размер кегля – 10 пт, через одинарный 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*
Редактор *Т.Н. Самосюк*
Компьютерная верстка *Е.А. Титовой*

Подписано в печать 03.06.2015. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 20,80. Уч.-изд. л. 16,00. Тираж 120 экз. Заказ 190.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов
Республики Беларусь»
ЛП № 02330/89 от 3.03.2014.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

Для заметок

Для заметок

Для заметок