

ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1961 г.

**№ 2(59)
Июль – декабрь 2017 г.**

Минск
2017

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. ЛАПА*

Редакционная коллегия: М.В. РАК (зам. главного редактора)
Н.Н. ЦЫБУЛЬКО (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

2(59)

Июль – декабрь 2017 г.

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

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

Ответственная за выпуск *Н.Ю. Жабровская*
Редактор *Т.Н. Самосюк*
Компьютерная верстка *Е.А. Титовой*

Подписано в печать 20.12.2017. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 16,9. Уч.-изд. л. 13,25. Тираж 100 экз. Заказ 523.

Республиканское унитарное предприятие «Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь»
ЛП № 02330/89 от 3.03.2014. Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

© Республиканское научное дочернее унитарное
предприятие «Институт почвоведения и агрохимии», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Лапа В.В., Шибут Л.И., Азаренок Т.Н. О результатах второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель Беларуси 7

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Шульгина С.В., Азаренок Т.Н., Матыченков Д.В., Матыченкова О.В., Шибут Л.И., Дыдышко С.В. Экологическая оценка трансформации состава и свойств дерново-палево-подзолистых почв под влиянием антропогенного фактора 14

Курьянович М.Ф., Черныш А.Ф., Шалькевич Ф.Е. Методические подходы к составлению и обновлению почвенных карт с использованием материалов дистанционных съемок 26

Плиско И.В. Оценка зональных и региональных особенностей неоднородности почвенного покрова Украины..... 34

Бындыч Т.Ю. Основные аспекты анализа результатов цифрового картографирования почв по данным космической съемки 43

Христенко А.А., Ревтье-Уварова А.В., Голота Ю.А. Динамика калийного состояния чернозема типичного в условиях его экстенсивного, интенсивного и постинтенсивного использования..... 58

Прохорова И.А. Прикладные аспекты создания отраслевого стандартного образца состава (агрохимических показателей) чернозема типичного 66

Мамедов Г.М. Влияние разных систем удобрения на агрегатный состав аллювиальных лугово-лесных и лугово-коричневых почв сухих субтропиков Азербайджана 76

2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Леонов Ф.Н., Синевич Т.Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота в зависимости от содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве 88

Цыбулько Н.Н., Пунченко С.С., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Жукова И.И. Потребление растениями азота и его баланс на дерново-подзолистых почвах разной эродированности при возделывании озимой пшеницы 95

Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И., Ионас Е.Л., Чуйко С.Р. Эффективность применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста при возделывании

озимой пшеницы, пивоваренного ячменя и картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	106
Барбасов Н.В., Вильдфлуш И.Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продукционный процесс посевов и урожайность ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве	119
Кирдун Т.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Влияние заправки соломы предшественника и доз минеральных удобрений на урожайность овса голозерного на дерново-подзолистой супесчаной почве	130
Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Сороко В.И., Исаева О.И., Гарбузова Т.В., Пиларж М., Балец П. Сравнительная эффективность применения разных форм азотных удобрений при возделывании озимого рапса на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в Республике Беларусь ...	139
Серая Т.М., Белявская Ю.А., Богатырева Е.Н., Кирдун Т.М., Торчило М.М., Артиховская В.С., Вага И.И. Эффективность возделывания гречихи при различных системах земледелия	151
Цапко Ю.Л., Мешреф Радван Бахаа, Огородняя А.И., Десятник К.А. Влияние структурных мелиорантов на кислотно-основную буферность дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава	160
Михайловская Н.А., Войтка Д.В., Юзефович Е.К., Барашенко Т.Б., Погирницкая Т.В., Дюсова С.В. Влияние микробной композиции ее компонентов на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур	166
Разуменко Ю.Л. Вклад реутилизации пластических веществ, азота и фосфора в растениях сои на черноземе типичном	176
Куц А.В., Парамонова Т.В. Эффективность использования удобрений в орошаемом овоще-кормовом севообороте Левобережной Лесостепи Украины	184

3. ДИСКУССИИ

Подольяк А.Г., Карпенко А.Ф. О дополнениях к отраслевым регламентам возделывания основных сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами землях	192
Рефераты	200
Правила для авторов	208

CONTENTS

Lapa V.V., Shibut L.I., Azarenok T.N. On the results of the second round of cadastral valuation of agricul-tural land in Belarus.....	7
--	---

1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Shul'gina S.V., Azarenok T.N., Matychenkov D.V., Matychenkova O.V., Shibut L.I., Dydysenko S.V. Eco-logical assessment of transformation of composition and properties of sod-pale-podzolic soils under the in-fluence of an anthro-pogenic factor.....	14
--	----

Kuryanovich M.F., Shalkevich F.E. Methodical approaches to compiling and renewal of soil maps using remote sensing materials.....	26
--	----

Plisko I.V. Evaluation of zonal and regional peculiarities of heterogeneity of the soil cover in Ukraine.....	34
--	----

Byndych T.Yu. The main aspects of the analysis of digital soil mapping results according to space survey data.....	43
---	----

Khristenko A.A., Revtie-Uvarova A.V., Golota Yu.A. Dynamics of potassium state of a chernozem typical under conditions of its extensive, intensive and post-intensive use.....	58
---	----

Prokhorova I.A. The applied aspects of creation of a branch standard sample of the composition (agro-chemical indicators) of chernozem typical.....	66
--	----

Mamedov G.M. Influence of different systems of fertilizers on modular struc-ture of alluvial meadow and for-est and meadow-brown soils of dry subtropics of Azerbaijan.....	76
--	----

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Leonov F.N., Sinevich T.G. Effect of mineral fertilizers on crop yield and quality of a crop rotation link depending on the content of mobile phosphorus in sod-podzolic light loamy soil.....	88
---	----

Tsybulko N.N., Puchenko S.S., Ustinova A.M., Tsyribko V.B., Zhukova I.I. Nitrogen consumption by plants and its balance in sod-podzolic soils of different erosion degree in the process of winter wheat cultiva-tion.....	95
---	----

Vildflush I.R., Mishura O.I., Ionas E.L., Tsuiiko S.R. efficiency of application of macro- and micro-fertilizers, plant growth regulators in cultivation of winter wheat, malting barley and potato on sod-podzolic light loamy soil.....	106
--	-----

Barbasov N.V., Vildflush I.R. The influence of macro-, micronutrients and growth regulators on the production process of sowings and the yield of barley on sod-podzolic light loamy soil	119
Kirdun T.M., Seraya T.M., Bogatyrova E.N., Belyavskaya Y.A., Torchilo M.M. Influence of plowing of the preceding crop straw and mineral fertilizers doses on hulless oats productivity on sod-podzolic sandy loam soil	130
Pirahouskaya H.V., Khmialeuski S.S., Soroka V.I., Isaeva O.I., Harbusava T.V., Pilarzh M., Balek P. Comparative efficiency of application of different forms of nitrogen fertilizers at cultivation of winter rape (brassica napus) on sod-podzolic light-loamy soils in the Republic of Belarus.....	139
Seraya T.M., Belyavskaya Y.A., Bogatyrova T.N., Kirdun T.M., Torchilo M.M., Artihovskaya V.S., Va-ga I.I. Efficiency of buckwheat cultivation in various farming systems	151
Tsapko Yu.L. , Meshref Radvan Bahaa, Ohorodnia A.I. , Desyatnik K.A. Influence of structural meliorants on the acid-alkali buffering of sod-podzolic soils of the light texture	160
Mikhailouskaya N.A., Voitka D.V., Yuzefovich E.K., Barashenko T.B., Poghirnitskaya T.V., Dusova S.V. Influence of microbial composition and its components on growth, development and yield of agricultural crops.....	166
Razumenko Yu.L. Reutilization of plastic substances, nitrogen and phosphorus in soybean plants at typical chernozem.....	176
Kuts A.V., Paramonova T.V. Efficiency of using fertilizers in an irrigated vegetable and fodder crop rotation on the left bank Forest-Steppe of Ukraine	184

3. DISCUSSION

Podolyak A.G., Karpenko A.F. Concerning the issue of formulating amendments to the industry procedure regulating cultivation of grain and grain-leguminous crops on radioactively contaminated lands.....	192
Summaries	200
Instructions for authors.....	208

О РЕЗУЛЬТАТАХ ВТОРОГО ТУРА КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

В.В. Лапа, Л.И. Шибут, Т.Н. Азаренок

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

В 2016 г. в Беларуси завершился второй тур кадастровой оценки сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Для проведения этого тура оценки специалистами УП «Проектный институт Белгипрозем» и РУП «Институт почвоведения и агрохимии» была усовершенствована (уточнена и дополнена) методика ее выполнения и, особенно, технология работ (с широким использованием средств автоматизации и земельно-информационных систем) [1]. При проведении оценки использованы материалы корректировки почвенного, последнего тура агрохимического обследования сельскохозяйственных земель, уточненные климатические показатели за последние годы и другие обновленные сведения и расчеты, полученные Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь и его подчиненными предприятиями. УП «Проектный институт Белгипрозем» проводил подготовку исходной информации для оценки и расчет оценочных показателей, РУП «Институт почвоведения и агрохимии» осуществлял научно-методическое сопровождение работ по кадастровой оценке и контроль за качеством подготовки исходных данных. Результаты кадастровой оценки земель утверждены приказом Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь от 14 декабря 2016 года № 240.

Согласно методике кадастровой оценки земля (почва) рассматривается и как природное тело, обладающее плодородием, и как средство сельскохозяйственного производства с учетом современного культуртехнического состояния и местоположения. В связи 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, общего балла кадастровой оценки и кадастровой стоимости земель.

Оценка плодородия почв является первой и наиболее важной составной частью 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 (агрохимических, культуртехнических, мелиоративных, климатических).

Основой оценки плодородия почв является шкала оценочных баллов. По шкале оцениваются типовые различия, характер и степень увлажнения, гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород, литологическое строение профиля, как наиболее стабильные характеристики, определяющие уровень плодородия почв при оптимальных условиях реализации их генетического потенциала (исходный балл). Наименьшей классификационной единицей, включенной в шкалу, является почвенная разновидность, выделяемая на почвенных картах при крупномасштабных почвенных обследованиях масштаба 1:10000. В современной шкале оценочных баллов отражена балльность 332 почвенных разновидностей. В республике используется закрытая оценочная шкала, в которой 100 баллами оценена лучшая по плодородию разновидность почв для каждой культуры.

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 – балл плодородия почв.

Всего для пахотных, под постоянными культурами (многолетними насаждениями), улучшенных луговых земель вводятся поправочные коэффициенты на эродированность, каменистость (завалуненность), агрохимические свойства почв (окультуренность), контурность (площадь отдельно обрабатываемого участка или удельный периметр), мелиоративное состояние осушенных территорий, неоднородность почвенного покрова, генезис почвообразующих пород и агроклиматические условия (8 показателей). Для естественных луговых земель – на агрохимические свойства почв, закустаренность и агроклиматические условия (3 показателя).

Пахотные земли оцениваются под следующие культуры или их группы (всего 16): 1) озимая рожь; 2) озимая пшеница; 3) озимое тритикале; 4) яровая пшеница; 5) ячмень; 6) овес; 7) кормовой люпин; 8) горох, вика, пелюшка; 9) лен; 10) сахарная свекла, корнеплоды; 11) рапс; 12) картофель; 13) кукуруза; 14) многолетние бобовые травы; 15) многолетние злаковые травы; 16) бобово-злаковые травосмеси.

Баллы плодородия почв, полученные на первом этапе оценки, могут использоваться самостоятельно, и в то же время служат основой для проведения следующих ее этапов.

При оценке технологических свойств учитывается длина гона, удельное сопротивление почвы, угол склона, каменистость, конфигурация участков.

При оценке местоположения учитывается:

– расстояние от земельных участков до внутрихозяйственных центров, фактическое и эквивалентное с учетом качества дорог;

– расстояние от центральной усадьбы сельхозпредприятия до внехозяйственных пунктов реализации и баз снабжения, фактическое и эквивалентное с учетом качества дорог.

На основании оценки плодородия, технологических свойств и местоположения рабочих участков определяются обобщающие (синтезирующие) показатели оценки: нормативный чистый и дифференциальный доход на 1 га (по отношению к средним или худшим условиям республики), общий балл кадастровой оценки земель и кадастровая стоимость земель. Нормативный чистый доход, дифференциальный доход и кадастровая стоимость земель устанавливаются в условных единицах, эквивалентных доллару США по курсу Национального банка Беларуси.

При проведении землеоценочных работ в сельскохозяйственных организациях первичной территориальной единицей оценки является рабочий (оценочный) участок. По рабочим участкам собираются все необходимые для оценки сведения и определяются показатели оценки сначала по видам земель (пахотные, под постоянными культурами, луговые улучшенные, луговые естественные), затем в целом по сельскохозяйственным землям. Исходя из оценочных показателей рабочих участков определяются средневзвешенные показатели по хозяйствам, районам, областям и республике [2, 3]. Результаты оценки сельскохозяйственных земель по областям и республике приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель

Область	Показатель оценки			
	Общий балл кадастровой оценки земель	Балл плодородия почв	Нормативный чистый доход, долл. США/га	Дифференциальный доход, долл. США/га
Брестская	30,6	30,2	184	334
Витебская	23,3	25,8	84	185
Гомельская	26,9	27,3	140	272
Гродненская	32,3	32,9	234	431
Минская	31,0	31,3	210	391
Могилевская	27,7	28,8	167	321
Республика Беларусь	29*	29,4	170	323

* Общий балл кадастровой оценки земель в окончательных результатах оценки приводится с округлением до целых единиц.

Из всех этих показателей наиболее важным и значимым является балл плодородия почв. Он может применяться самостоятельно для решения различных задач в сфере сельскохозяйственного производства (оптимизации размещения посевов сельскохозяйственных культур с учетом качества земель, совершенствования специализации сельскохозяйственного производства, прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, анализа окупаемости удобрений и др.), а также используется для расчета других показателей кадастровой оценки. Балл плодородия почв по видам сельскохозяйственных земель по областям и республике приведен в табл. 2.

По пахотным землям, как основному виду сельскохозяйственных земель, наиболее высокий балл плодородия почв имеет Гродненская область (35,8 балла), затем идет Минская область (33,4 балла), Могилевская (31,8) и Брестская (31,6 балла). Самый низкий балл имеет Витебская область (27,9 балла). По

улучшенным луговым землям самым высоким баллом оценены земли Брестской (30,9 балла), Гродненской (30,4 балла) и Минской (30,0 балла) областей. По сельскохозяйственным землям в среднем самый высокий балл имеет Гродненская область (32,9 балла), затем идут Минская (31,3) и Брестская области (30,2 балла).

Таблица 2

Балл плодородия почв по видам сельскохозяйственных земель

Область	Пахотные	Под постоянными культурами	Улучшенные луговые	Естественные луговые	Всего сельскохозяйственные
Брестская	31,6	32,5	30,9	16,3	30,2
Витебская	27,9	28,1	26,7	12,2	25,8
Гомельская	28,8	30,4	28,7	14,9	27,3
Гродненская	35,8	38,5	30,4	15,0	32,9
Минская	33,4	33,3	30,0	14,2	31,3
Могилевская	31,8	31,2	29,2	14,5	28,8
Республика Беларусь	31,6	31,9	29,4	14,3	29,4

По административным районам наблюдаются еще большие колебания по баллу плодородия почв. Максимальный балл по пахотным землям имеет Несвижский район (43,9), минимальный – Городокский (22,5 балла). Группировка районов по баллу плодородия почв пахотных земель приведена в таблице 3. В этой группировке все районы республики разделены на 4 группы.

Таблица 3

Группировка районов по баллам плодородия почв пахотных земель

Область	Средний балл по области	Распределение районов по баллу плодородия почв					Максимальный балл, район	Минимальный балл, район
		всего районов	в том числе по баллам					
			25,0 и <	25,1–30,0	30,1–35,0	> 35,0		
Брестская	31,6	16	1	5	8	2	36,5 Ляховичский	25,0 Лунинецкий
Витебская	27,9	21	3	15	3	–	33,5 Оршанский	22,5 Городокский
Гомельская	28,8	21	1	15	5	–	33,7 Хойникский	24,7 Петриковский
Гродненская	35,8	17	–	–	10	7	40,9 Волковысский	30,1 Островецкий
Минская	33,4	22	–	7	9	6	43,9 Несвижский	25,5 Мядельский
Могилевская	31,8	21	–	7	12	2	38,1 Круглянский	26,0 Климовичский
Республика Беларусь	31,6	118	5	49	47	17	43,9 Несвижский	22,5 Городокский

Высокую оценку (более 35 баллов) имеют 17 районов, из них 7 районов расположено в Гродненской области (Гродненский, Щучинский, Берестовицкий, Волковысский, Зельвенский, Слонимский, Кореличский) и 6 в Минской (Минский, Дзержинский, Несвижский, Клецкий, Копыльский, Слуцкий). В Брестской и Могилевской областях по 2 таких района (Барановичский, Ляховичский и Круглянский, Шкловский), а в Витебской и Гомельской нет районов с баллом более 35.

Среднюю оценку (30,1–35,0 баллов) имеют 47 районов. Наибольшее количество таких районов в Могилевской области (12). В Брестской, Гродненской и Минской областях их по 8–10, в Витебской и Гомельской – по 3 и 5 соответственно.

Низкую оценку (25,1–30,0 баллов) имеют 49 районов республики. Причем наибольшее их количество (по 15) расположено в Витебской и Гомельской областях. В Брестской, Минской и Могилевской областях по 5–7 таких районов, в Гродненской нет районов с баллом ниже 30.

Очень низкую оценку (25 баллов и меньше) имеют 5 районов республики, три из них расположены в Витебской области (Городокский, Россонский, Полоцкий) и по одному в Брестской (Лунинецкий) и Гомельской (Петриковский).

В таблице 3 приведены также районы с максимальной и минимальной оценкой в каждой области. В Брестской области максимальную оценку имеет Ляховичский район, минимальную – Лунинецкий. В Витебской области это Оршанский и Городокский, в Гомельской – Хойникский и Петриковский, в Гродненской – Волковысский и Островецкий, в Минской – Несвижский и Мядельский, в Могилевской – Круглянский и Климовичский.

Проведен корреляционный анализ баллов плодородия почв и урожайности зерновых и зернобобовых культур за 5 последних лет (2012–2016 гг.) по областям и в целом по республике (в разрезе административных районов) (табл. 4).

Таблица 4

Корреляционная зависимость показателей плодородия почв пахотных земель и урожайности зерновых и зернобобовых культур

Область	Балл плодородия почв	Урожайность зерновых и зернобобовых, (ц/га)	Коэффициент корреляции
Брестская	31,6	35,7	0,94
Витебская	27,9	25,7	0,61
Гомельская	28,8	29,6	0,39
Гродненская	35,8	42,3	0,67
Минская	33,4	36,1	0,88
Могилевская	31,8	33,6	0,67
Республика Беларусь	31,6	33,8	0,83

Коэффициент корреляции по областям колеблется от 0,94 в Брестской до 0,39 в Гомельской области. По республике коэффициент корреляции равен 0,83. По Б.А. Доспехову в двух областях (Брестской и Минской) и в целом по республике корреляционная зависимость между урожайностью и баллом плодородия почв сильная, в остальных областях средняя [4].

Результаты корреляционного анализа подтверждают, что современная методика кадастровой оценки обеспечивает получение объективных и достоверных показателей оценки плодородия почв сельскохозяйственных земель.

Кроме основных показателей при проведении кадастровой оценки рассчитывается ряд других характеристик, свойств почв или участков, таких как:

- характеристика почвенного покрова по гранулометрическому составу почв;
- мелиоративное состояние и окультуренность почв рабочих участков;
- характеристика культуртехнического состояния рабочих участков по эродированности, завалуненности, углу склона;
- исходный балл почв рабочих участков;
- поправочные коэффициенты к баллам почв рабочих участков;
- баллы почв под отдельные культуры;
- характеристика и оценка технологических свойств рабочих участков;
- характеристика и оценка местоположения рабочих участков и др.

Все материалы кадастровой оценки хранятся в организациях, проводивших оценку.

Для широкого использования результаты кадастровой оценки размещены на сайте Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь [2] и опубликованы в монографии «Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика» [3].

На сайте Госкомимущества результаты оценки приведены по следующим показателям:

- общий балл кадастровой оценки земель;
- балл плодородия почв;
- нормативный чистый доход, долл. США/га;
- дифференциальный доход, долл. США/га;
- кадастровая стоимость земель, долл. США/га и бел. руб./га.

Все показатели приведены в целом для Беларуси, по всем областям, районам, сельскохозяйственным организациям и крестьянским (фермерским) хозяйствам для следующих видов земель: пахотные и используемые под постоянные культуры (вместе), улучшенные луговые, естественные луговые, сельскохозяйственные.

В монографии результаты оценки представлены в несколько измененном виде: не приводятся результаты оценки по сельскохозяйственным организациям и крестьянским (фермерским) хозяйствам (приводятся только по республике, областям и районам), не приводятся показатели общего балла кадастровой оценки и кадастровой стоимости земель, но приводятся показатели исходного балла почв и дается характеристика технологических свойств и местоположения рабочих участков. Результаты оценки приведены по тем же видам земель, только оценка пахотных земель и земель под постоянными культурами приводится отдельно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Содержание и технология работ / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 137 с.
2. <http://www.gki.gov.by/uploads/files/Rezultaty-na-1-janvarja-2015-g.pdf>.
3. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, прак-

тика / Г.М. Мороз [и др.]; под ред. Г.М. Мороза, В.В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.

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

ON THE RESULTS OF THE SECOND ROUND OF CADASTRAL VALUATION OF AGRICULTURAL LAND IN BELARUS

V.V. Lapa, L.I. Shibut, T.N. Azarenok

Summary

The article briefly describes the methodology of the second round of cadastral valuation of agricultural lands in Belarus, provides the main indicators of this assessment for the regions and the republic (total score of cadastral valuation, soil fertility score, normative net income, differential income, cadastral value). Grouping of areas according to soil fertility scores has been realized. The correlation dependence of soil fertility score and yields of cereals and leguminous crops on administrative areas has been established.

Поступила 28.11.2017

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАНСФОРМАЦИИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА

С.В. Шульгина, Т.Н. Азаренок, Д.В. Матыченков, О.В. Матыченкова,
Л.И. Шибут, С.В. Дыдышко

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

ВВЕДЕНИЕ

Бережное отношение к почвам как незаменимому компоненту биосферы, решение вопросов их рационального использования и охраны непосредственно зависит от полноты наших знаний о почвах, правилах функционирования сложной системы «почва–растение–окружающая среда», пределах преобразования почвенной составляющей с учетом закона баланса консерватизма и изменчивости. Сохранение благоприятных уровней физических, химических, биологических свойств почв в условиях стабильно высокой антропогенной нагрузки – сегодня одно из приоритетных направлений белорусской почвенной науки, перспективность которого определена важнейшей задачей – обеспечение продовольственной безопасности страны. Исследования изменений в почвах, вызванных интенсификацией земледелия, – своего рода способ контроля и получения информации о современном состоянии почв, проведения оценки преобразований их состава и свойств и разработке мероприятий по их охране и рекультивации.

Исходными сведениями для установления эволюционных изменений качественных проявлений почвообразовательных процессов в почвенном покрове республики, в том числе под влиянием антропогенного фактора, и проведения экологической оценки трансформации почв сельскохозяйственных земель за определенный временной период являются фондовые материалы РУП «Институт почвоведения и агрохимии», содержащие разновременную, разностороннюю характеристику строения, состава и свойств почвенных разновидностей сельскохозяйственных и естественных земель республики, а также накопленный массив актуальных аналитических данных по результатам современных научно-исследовательских и почвенно-картографических работ.

Цель исследований состояла в проведении экологической оценки эволюционных изменений почв дерново-палево-подзолистого типа легкосуглинистого гранулометрического состава под влиянием антропогенного фактора.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований – дерново-палево-подзолистые суглинистые, развивающиеся на лессовидных мощных легких суглинках почвы естественных и сельскохозяйственных земель.

Основными методами исследований послужили:

- полевые исследования с закладкой разновременных почвенных рядов;
- систематизация разновременной информации (прошлых лет обследования и актуальных данных) о состоянии состава и свойств исследуемых почв пахотных земель и их естественных аналогов;
- сравнительно-аналитический с использованием разновременных качественных и количественных характеристик почв;
- метод рядов антропогенных изменений почв;
- экспертных оценок;
- аналитические исследования выполнены по общепринятым методикам в лаборатории РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и секторе агропочвоведения, цифрового картографирования и оценки почв.

Статистическая обработка данных проведена с помощью «Пакета анализа Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для установления эволюционных изменений состава и свойств дерново-палево-подзолистых почв легкосуглинистого гранулометрического состава сельскохозяйственных земель под влиянием антропогенного фактора сформирован ряд (катена) естественных и разновременных пахотных почв, по которым собрана подробная аналитическая характеристика [1–7]. Естественные почвы принимаются за слабо изменяющуюся систему, по отношению к которой проводится сравнительный анализ. Почвы пахотных земель включают как окультуренные, так и антропогенно-преобразованные аналоги, ранжированные по времени исследований: прошлые (1960-х – 1980-х гг.) и современные (первых двух десятилетий 2000-х гг.). При этом почвы в ряду естественные и соответствующие им пахотные аналоги разных периодов времени идентичны по классификационному положению, местонахождению, генезису и гранулометрическому составу почвообразующих пород. Для сравниваемых объектов в ряду допускалась некоторая пространственная разобщенность, но соблюдалось обязательное условие – расположение на территории одного и того же почвенно-экологического района.

Ряд дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках, на территории Ошмянско-Минского ПЭР включает исходный объект – разрез № 1 заложен в 1970-е гг. сотрудниками отдела почвоведения ИПА в ельнике-кисличнике 80-ти лет [1] (лесничество «Прилуцкая дача», за неимением фото того времени показано фото разреза 2000-х гг. на территории того же лесничества), объекты на пахотных землях разных периодов обследования представлены среднеокультуренным вариантом 1960-х гг. [2] (э/б «Курасовщина», разрез № 1НТ (за неимением фото того времени показано фото разреза № 2А, э/б «Курасовщина», 2004 г.), высокоокультуренной почвой 2008 г. (разрез № 1А, ОАО «Гастелловское»).

Морфологический облик объектов разновременного ряда почв дерново-палево-подзолистого типа, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках, показан на рис. 1.

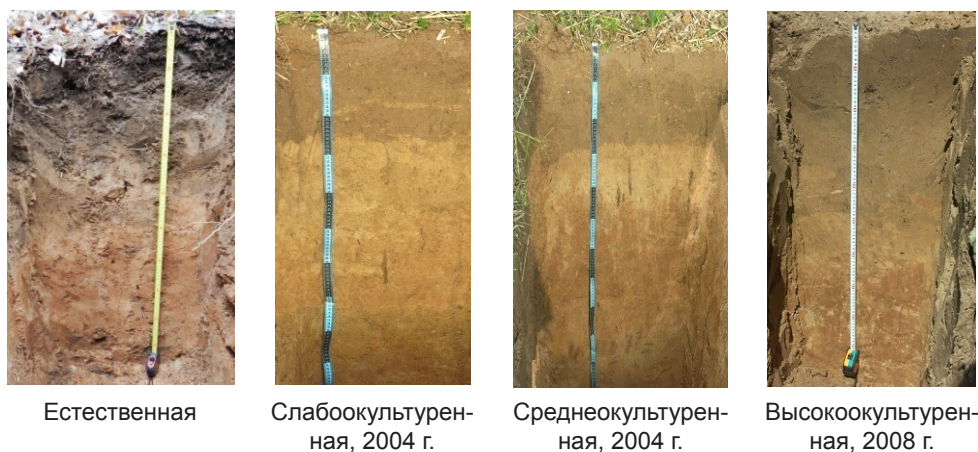


Рис. 1. Разновременный ряд дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв

Согласно систематизированным аналитическим данным выше приведенных фиксированных разновременных почвенных объектов (табл. 1) произведены расчеты отклонения показателей свойств агроестественных почв разных периодов обследования от исходного естественного состояния (табл. 2).

В наибольшей мере отражают изменения степени действия биогенно-аккумулятивных, элювиальных, иллювиально-аккумулятивных, антропогенных, педотурбационных, деструкционных почвенных процессов следующие показатели:

- содержание илистой фракции в гумусово-аккумулятивном горизонте;
- содержание гидрослюдистых и вермикулитовых минералов в гумусово-аккумулятивном горизонте;
- реакция почвенной среды (pH_{KCl}) гумусово-аккумулятивного горизонта;
- показатели гумусного состояния почв – содержание гумуса, отношение $S_{гк}/S_{фк}$, доля связанных с Ca^{2+} гуминовых кислот, запасы гумуса в 0–50 см слое;
- структура почвы;
- сумма поглощенных оснований гумусово-аккумулятивного горизонта;
- величина элювиально-аккумулятивного коэффициента (EA_R) в профиле почвы.

Анализ характера отклонения показателей свойств дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв пахотных земель, измененных антропогенным фактором, от исходного состояния показал следующие особенности их эволюционного развития.

В естественной почве максимальное превышение илистых частиц (+49 %) по отношению к почвообразующей породе имеет место на глубине 40–50 см, а их вынос (–32 %) – на глубине 18–28 см. В среднекультуренном варианте почв 1960-х гг. убыль илистой фракции наблюдается в верхнем 55-ти см слое и достигает – 43 %. В профиле современных объектов потери ее содержания в пахотных горизонтах сокращаются.

Таблица 1
Разновременные показатели состава и свойств дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв (фрагмент)

Показатель	Естественная, 1970-е гг. [1]					Среднеокультуренная, 1960-е гг. [2]					Среднеокультуренная, 2004 г.					Высококультуренная, 2008 г.		
	A ₁	A ₂	Bt	B ₂	BC	Ap	A ₂ B ₁	B ₂	B ₃ Cg	Ap	A ₂	A ₂ B ₁	Bt	C	PK (Ap+A ₁)	B ₁ t	B ₂ t	Cg
Генетический горизонт	A ₁	A ₂	Bt	B ₂	BC	Ap	A ₂ B ₁	B ₂	B ₃ Cg	Ap	A ₂	A ₂ B ₁	Bt	C	PK (Ap+A ₁)	B ₁ t	B ₂ t	Cg
Глубина горизонта, см	2-7	7-33	33-74	74-125	125-165	0-30	30-55	55-126	126-210	0-32	32-41	41-56	56-96	96-150	0-40	40-65	65-97	97-120
Глубина отбора образца, см	2-7	18-28	40-50	85-95	135-145	5-15	30-40	60-70	140-150	5-15	35-40	47-52	65-75	130-140	5-15	40-50	85-95	120-130
Содержание физической глины, %	23,6	15,4	29,2	20,4	25,9	20,4	21,1	27,6	29,1	21,6	20,0	22,9	25,4	23,2	22,9	25,5	24,2	21,2
Содержание ила, %	13,2	10,0	21,7	14,9	14,6	9,3	9,2	13,6	16,1	9,7	7,9	13,6	17,1	14,3	11,2	16,8	15,9	13,8
Плотность почвы, мг·м ⁻³	0,78	1,21	1,43	1,47	1,50	1,20	1,43	1,51	1,68	1,24	1,39	1,44	1,48	1,58	1,22	-	-	-
pH _{KCl}	4,0	3,8	4,0	4,4	4,5	5,7	5,1	4,6	4,3	6,4	6,1	5,8	4,4	4,4	6,9	6,7	5,9	4,9
Гидролитическая кислотность, смоль(+)-кг ⁻¹	38,0	6,5	4,8	1,8	1,9	4,0	3,8	3,6	2,8	2,3	3,1	2,8	2,0	1,4	1,8	2,1	2,3	1,9
Сумма поглощенных оснований, смоль(+)-кг ⁻¹	10,0	6,7	10,0	5,0	6,3	7,0	3,5	9,6	7,6	11,1	4,6	6,5	8,4	12,1	14,6	9,8	7,4	8,3
Емкость поглощения, смоль(+)-кг ⁻¹	48,0	13,2	14,8	6,8	8,2	11,0	7,3	13,2	10,5	13,4	7,7	9,3	10,4	13,5	16,4	11,9	9,7	10,2
Степень насыщенности основными, %	20,8	50,6	67,3	73,4	76,2	63,7	47,7	72,7	72,8	82,8	59,7	69,9	80,8	89,6	89,0	82,4	76,3	81,3
Содержание подвижного P ₂ O ₅ , мг/кг	101	156	174	174	128	283	339	267	170	346	324	312	275	178	492	322	280	218

Окончание табл. 1

Показатель	Естественная, 1970-е гг. [1]					Среднеокультуренная, 1960-е гг. [2]					Среднеокультуренная, 2004 г.					Высококультуренная, 2008 г.		
	45	25	83	58	77	81	47	94	132	251	139	64	68	88	397	209	68	77
Содержание подвижного K_2O , мг/кг	45	25	83	58	77	81	47	94	132	251	139	64	68	88	397	209	68	77
Содержание обменного CaO , мг/кг	426	339	1420	904	1299	1386	596	1772	1526	1456	952	1008	1456	1680	1760	1400	1080	880
Содержание обменного MgO , мг/кг	162	100	487	242	323	371	231	631	421	212	60	84	268	593	72	86	134	151
$Ca^{2+} : Mg^{2+}$	1,9	2,4	2,1	2,7	2,9	2,7	1,9	2,0	2,6	4,9	11,3	8,6	3,9	2,0	15,8	12,5	5,6	3,9
Содержание общего гумуса, %	11,1	0,7	0,4	0,2	-	2,1	0,5	0,4	0,2	2,3	0,5	0,3	0,3	0,2	3,7	0,3	0,1	0,1
Запасы гумуса в 0–50 см, т/га	74,7					86,8					101,4					189,0		
Σ ГК, % к С общ.	23,4					29,0				44,4					55,7			
ГК 2, % к С общ.	0,0					7,4				11,1					27,9			
ГК 2, % от Σ ГК	0,0					25,4				17,5					50,1			
Сгк / Сфк	0,90					0,94				1,69					1,89			
Содержание вермикулита, % от ила	29	28	18	19	16	17	15	13	10	29	33	23	22	15	17	17	25	11
Содержание гидрослюды, % от ила	43	53	57	61	63	49	47	54	69	50	44	51	56	69	58	60	53	73
Валовое содержание SiO_2 в почве, %	82,9	84,1	80,2	82,5	82,6	82,6	82,6	79,0	79,2	81,9	83,0	80,1	76,9	78,4	79,7	77,9	78,7	80,1
Валовое содержание Fe_2O_3 в почве, %	2,6	1,5	3,0	2,6	2,3	1,8	2,1	2,5	2,5	2,3	2,1	3,2	3,6	3,4	2,8	3,8	3,5	3,1
Валовое содержание Al_2O_3 в почве, %	6,5	7,0	9,9	8,5	8,1	7,2	8,5	10,5	9,9	9,0	9,5	10,0	13,1	10,9	9,8	11,5	10,9	10,2
Валовое содержание R_2O_3 в почве, %	9,1	8,5	12,9	11,0	10,4	9,0	10,6	13,0	12,4	11,3	11,6	13,2	16,7	14,3	12,6	15,2	14,4	13,3
Молекулярное отношение SiO_2 / R_2O_3	17,2	17,9	13,8	16,4	14,5	16,8	14,3	11,2	11,7	13,3	13,0	11,4	8,5	10,2	11,9	9,6	10,2	11,2
E_{AR} (элювиально-аккумулятивный коэффициент)	0,88	0,84	1,20	1,06	1,00	0,76	0,89	1,05	1,00	0,83	0,86	0,94	1,15	1,00	0,94	1,11	1,06	1,00

Таблица 2

Отклонение значений показателей свойств и состава пахотных горизонтов агроестественных почв от исходного естественного состояния, %

Показатель	Средне-окультуренная, 1960-е гг.	Средне-окультуренная, 2004 г.	Высоко-окультуренная, 2008 г.
Содержание ила	-29	-27	-15
Плотность почвы	+54	+59	+56
pH _{KCl}	+43	+60	+73
Гидролитическая кислотность	-89	-94	-99,5
Сумма поглощенных оснований	-30	+11	+46
Емкость поглощения	-77	-72	-66
Степень насыщенности основаниями	+206	+298	+328
Содержание гумуса	-81	-79	-67
Запасы гумуса в 0–50-сантиметровом слое	+16	+36	+153
∑ ГК, % к С общ.	+24	+90	+138
ГК 2, % к С общ.	–	+50*	+177*
Валовое содержание SiO ₂ в почве	-0,4	-1,2	-3,9
Валовое содержание R ₂ O ₃ в почве	-0,8	+24	+38
Содержание подвижного P ₂ O ₅	+180	+221	+387
Содержание подвижного K ₂ O	+80	+458	+782

* Величина отклонения по отношению к среднеокультуренной почве 1960-х гг.

В естественной почве вермикулитовый компонент накапливается вверх по профилю, а в пахотных горизонтах вторичные минералы с расширяющейся решеткой преобразуются в гидрослюдистые, причем наиболее ярко выражен процесс фиксации ионов калия вторичными минералами в высококультурном варианте почв – здесь содержание гидрослюды сохраняется на уровне 60 % в 50-сантиметровом корнеобитаемом слое.

Кислотность почв перешла из категории «сильнокислых» в «нейтральные». Показатели суммы поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями в пахотных горизонтах имеют положительное отклонение, которое в высококультурном варианте достигает +46 % и +328 % соответственно. Отклонение емкости поглощения пахотных горизонтов отрицательное, но с ростом степени окультуренности ослабевает.

Потери гумуса составляют -81– -67 % от исходного высокого его содержания в верхнем горизонте естественной почвы – 11,1 % [1]. В профиле высококультурного варианта пахотных почв значение этого показателя составляет 3,7 %, что выше средневзвешенной по республике величины гумуса в почвах глинистого и суглинистого гранулометрического состава (2,28 %) [8]. Запасы гумуса в 0–50-сантиметровом слое возрастают синхронно увеличению мощности пахотного горизонта и величина отклонения устойчиво растет, достигая +153 в пахотном горизонте высококультурного аналога.

Показатели качественного состава гумуса также характеризуются стабильным отклонением со знаком «+» от исходных величин естественного объекта. Так, рост суммы гуминовых кислот в пахотных горизонтах современных объектов достигает 90 % и более по сравнению со среднекультурным вариантом 1960-х гг. – +24 %, что в полной мере относится и к величине отклонения содержания второй фракции ГК. Отношение $S_{гк}/S_{фк}$ расширяется и указывает на формирование фульватно-гуматного и гуматного типов гумуса.

Пахотные горизонты современных почвенных разновидностей приобретают ценную с агрономической точки зрения зернисто-комковатую (2008 г.), мелкокомковатую (2004 г.) структуру в отличие от комковатой в пахотном варианте более чем 40-летней давности и непрочной комковатой в гумусовом горизонте естественного аналога.

Валовое содержание оксида кремния убывает, но без явных скачков. Отклонение же содержания полуторных оксидов положительное с постепенным нарастающим характером во времени.

Величина элювиально-аккумулятивного коэффициента EA_R , рассчитанного по содержанию полуторных оксидов, в профиле почвы исходного объекта имеет наибольшее значение (1,20) в иллювиальных горизонтах с максимальной аккумуляцией здесь глинистого материала. Наименьшая величина этого показателя относится к пахотному горизонту среднекультурной почвы 40-летней давности (0,76), в котором процесс выноса илстой фракции и полуторных оксидов наиболее выражен. В верхнем горизонте высококультурной почвы коэффициент близок к 1,00 и почти не изменяется по профилю – признак отсутствия явной дифференциации профиля по содержанию полуторных оксидов, ослабления либо скрытого действия элювиального процесса.

Нами также предпринята попытка на экспертном уровне выявить особенности трансформации свойств дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв по

изменению степени проявления элементарных почвообразовательных процессов (ЭПП). Выбор данного подхода [9] обусловлен сущностью природного объекта – почвы, выраженной в динамизме и эволюции [10]. В свою очередь динамизм меняет направления почвенных процессов.

Вышеизложенное позволяет констатировать, что морфологические признаки естественной почвы созданы ведущими ЭПП – «гумусообразование in situ» слабой степени проявления и «гумусонакопление» сильной степени, «разрушение силикатов», «миграция вещества» средней степени в сочетании с аналогичным действием сопутствующего ЭПП «преобразование глинистых минералов» и слабой степени проявления «оструктурирования» и «педотурбации» (табл. 3).

Таблица 3

Элементарные почвообразовательные процессы в дерново-палево-подзолистых почвах, сформировавшихся на лессовидных легких суглинках

Почва	Трансформация органического вещества		Трансформация минерального вещества			Миграция вещества	Оструктурирование	Педотурбация
	гумусообразование in situ	гумусонакопление	глинообразование	преобразование глинистых минералов	разрушение силикатов			
Естественная	□	■	±	▲	▣	▣	▲	▲
Агроестественная 40-летней давности	□	▣	±	▲	▣	■	▲	▣
Агроестественная современная	□, ▣	▣	±	▲, ■	□	■	▣, ■	■

Примечание. ЭПП:

- – ведущие;
- ▲ – сопутствующие;
- ± – не обязательные.

Степень проявления ЭПП:

- ▲ – слабая;
- ▲ – средняя;
- ▲ – сильная.

Вовлечение исследуемых почв в интенсивное сельскохозяйственное использование меняет как степень проявления ЭПП, так и способствует замене их участия в создании основных генетических особенностей (свойств и признаков) агроестественных аналогов. Как результат – степень проявления одних ведущих ЭПП усиливается, а других ослабевает:

- «гумусонакопление» проявляется в средней степени;
- «разрушение силикатов» ослабевает;
- «миграция вещества» в виде фиксации ионов в межслоевых промежутках лабильных минералов, осаждения органических и органо-минеральных соединений на поверхностях порово-трещинного пространства почв усиливается;
- сопутствующий ЭПП «оструктурирование» с образованием прочной зернисто-комковатой структуры усиливает степень своего проявления вплоть до качественного скачка в ведущий;
- «преобразование глинистых минералов» активизируется в современных почвах, причем имеет место синхронное развитие двух важных взаимосвязанных

противоположных процессов – вермикулитизации гидрослюдистого компонента и формирования калийсодержащих минералов. При этом поглощающий комплекс почв приобретает высокие ионно-обменные свойства, становится в большей мере способным к удержанию вносимых с удобрениями элементов, сохраняя их в гумусовом горизонте от вымывания;

➤ «перемешивание почвенной массы» становится ведущим сильной степени проявления и способствует формированию новых морфологических признаков [9].

Таким образом, в дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почвах, вовлеченных в сельскохозяйственное использование, наиболее выраженными ЭПП становятся:

- гумификация органического вещества;
- трансформация глинистых минералов;
- оструктуривание.

Изменение степени участия ЭПП находит отражение в количественном выражении показателей свойств почв. Оценка степени изменения свойств почв во времени под влиянием антропогенного фактора требует создания соответствующей шкалы, позволяющей дифференцировать изменения почвенных критериев по степени проявления [11–16]. На основе массива расчетных данных среднестатистических величин показателей свойств основных типов почв естественных и пахотных земель, величин отклонений показателей почв пахотных земель от их значений в исходном (естественном) состоянии, с использованием метода экспертной оценки нами установлены пределы варьирования значений отклонений для выделенных категорий (градаций), которые являются условным выражением степени изменения величины того или иного критерия генетических свойств почв. Данное построение в целом представляет собой шкалу (табл. 4). В качестве критериев приняты: содержание илстой фракции, реакция почвенной среды (pH_{KCl}), содержание гумуса, запасы гумуса в 0–50-сантиметровом слое, сумма поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями, содержание подвижного P_2O_5 , содержание подвижного K_2O в корнеобитаемом слое (гумусово-аккумулятивных горизонтах). Отметим, что перечень критериев значительно шире, но для построения шкалы использованы наиболее распространенные.

Таблица 4

Шкала степени изменения отдельных критериев генетических свойств почв под влиянием антропогенного фактора

№	Критерий	Степень изменения величины критерия (отклонение в % от исходного состояния)			
		слабая	умеренная	сильная	очень сильная
1	Содержание илстой фракции	≤ 5	5,1–15	15,1–30	> 30
2	Содержание гумуса	≤ 5	5,1–20	20,1–40	> 40
3	Запасы гумуса	≤ 10	10,1–30	30,1–60	> 60
4	Реакция почвенной среды (pH_{KCl})	≤ 5	5,1–20	20,1–35	> 35
5	Сумма поглощенных оснований	≤ 20	20,1–50	50,1–100	> 100
6	Емкость поглощения	≤ 20	20,1–40	40,1–80	> 80
7	Степень насыщенности основаниями	≤ 20	20,1–50	50,1–100	> 100
8	Содержание подвижного P_2O_5	≤ 20	20,1–60	60,1–100	> 100
9	Содержание подвижного K_2O	≤ 20	20,1–60	60,1–100	> 100

Разработанная шкала позволяет провести экологическую оценку степени трансформации исследуемых почв дерново-палево-подзолистого типа под влиянием антропогенного фактора. В результате присвоения фактическому уровню значения отклонения почвенного критерия соответствующей градации (категории) установлено, что степень изменения большинства критериев условно характеризуется категориями «очень сильная» и «сильная» со знаком «+» так и «–», то есть имеет двойственный характер. С одной стороны, четко выражена потеря содержания гумуса («очень сильная») и емкости поглощения («сильная»), с другой – «очень сильная» степень снижения кислотности и «очень сильный» прирост степени насыщенности основаниями и подвижных форм фосфора и калия. К тому же антропогенная эволюция современных разновидностей отличается более благоприятным характером для земледелия по сравнению с изменениями 40-летней давности. Так, гумусово-аккумулятивные горизонты средне- и высококультурных почв 2000-х гг. обследования отличаются более высокой степенью прироста суммы поглощенных оснований, а также запасов гумуса.

Таким образом, согласно результатам проведенных исследований трансформация состава и свойств верхней части профиля дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках, под влиянием антропогенного фактора условно оценивается сильной и очень сильной степенью по отношению к их естественному потенциалу.

ВЫВОДЫ

Вовлечение почв дерново-палево-подзолистого типа легкосуглинистого гранулометрического состава в интенсивное сельскохозяйственное использование меняет степень проявления элементарных почвообразовательных процессов, наиболее выраженными из которых становятся: гумификация органического вещества, трансформация глинистых минералов, оструктуривание. В свою очередь изменение степени участия ЭПП в исследуемых почвах ведет к изменению их генетических свойств.

Расчетные данные среднестатистических величин показателей свойств исследуемого типа почв пахотных земель и их естественного аналога, значения отклонений показателей в агроестественных почвах от таковых в исходном состоянии позволили провести экологическую оценку степени изменений отдельных критериев генетических свойств за 40-летний период, в качестве которых приняты: содержание илистой фракции, реакция почвенной среды (pH_{KCl}), содержание гумуса, запасы гумуса в 0–50-сантиметровом слое, сумма поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями, содержание подвижного P_2O_5 , содержание подвижного K_2O в верхнем корнеобитаемом слое (гумусово-аккумулятивных горизонтах).

Результаты проведенных исследований позволяют условно констатировать «очень сильную» и «сильную» степень изменения большинства критериев современных окультуренных вариантов почв дерново-палево-подзолистого типа легкосуглинистого гранулометрического состава под влиянием антропогенного фактора. Причем современные почвенные разновидности характеризуются более благоприятной направленностью эволюционных преобразований для земледелия.

Выполненная экологическая оценка трансформации состава и свойств дерново-палево-подзолистых почв под влиянием антропогенного фактора является первым приближением оценки эволюционных изменений минеральных почв республики, требующая апробации на большом количестве почвенных разновидностей с возможными дальнейшими дополнениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. По почвам Белоруссии: путеводитель экскурсии V съезда Всесоюзного общества почвоведов, 6–10 июля 1977 г. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии; под ред. Н.И. Смеяна, Т.А. Романовой. – Минск: Ураджай, 1977. – 110 с.
2. Туренков, Н.И. Палево-подзолистые почвы Белоруссии / Н.И. Туренков. – М.: Наука и техника, 1980. – 215 с.
3. Лисица, В.Д. Влияние минералогического состава на устойчивость почв / В.Д. Лисица, В.Т. Сергеенко, С.В. Шульгина // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1(36). – С. 78–84.
4. Сергеенко, В.Т. Минералогический количественный состав и свойства илистой части основных типов почв Белоруссии: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / В.Т. Сергеенко; Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 1984. – 242 с.
5. Тихонов, С.А. Энергетическая характеристика дерново-подзолистых почв БССР / С.А. Тихонов, Т.А. Романова // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск: Ураджай, 1987. – Вып. 23. – С. 9–15.
6. Матыченков, Д.В. Агрогенная трансформация дерново-подзолистых почв, сформировавшихся на мощных лессовидных суглинках: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Д.В. Матыченков; НИ РУП ИПА. – Минск, 2003. – 106 с.
7. Шульгина, С.В. Изменение минералогического состава, макро- и микроморфологического строения дерново-палево-подзолистых пылевато-суглинистых почв Беларуси под влиянием сельскохозяйственного использования: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / С.В. Шульгина; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 140 с.
8. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2009–2012) / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 276 с.
9. Розанов, Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. – М.: Академический проект, 2004. – 432 с.
10. Караваева, Н.А. Агрогенные почвы, условия среды, свойства и процессы / Н.А. Караваева // Почвоведение. – 2005. – № 2. – С. 1518–1529.
11. Двинских, С.А. Оценка экологической ситуации в Пермской области с учетом интенсивности природопользования / С.А. Двинских, Т.В. Зуева // Географический вестник. – Пермь: изд-во Пермского гос. нац. исслед. ун-т, 2005. – С. 124–137.
12. Зонально-провинциальные нормативы изменений агрохимических, физико-химических и физических показателей основных пахотных почв европейской территории России при антропогенных воздействиях: метод. рекомендации / А.С. Фрид [и др.]. – М.: ГНУ Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. – 176 с.
13. Масютенко, Н.П. Оценка влияния степени агрогенного воздействия на экологическое состояние почвы / Н.П. Масютенко, А.В. Кузнецов // Экологическое

нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования: материалы докладов Междунар. науч.-практ. конф., 30 сент.–1 окт. 2010 г. // сост. С.А. Кулачкова, О.А. Макаров. – М.: МАКС Пресс, 2010. – С. 115–117.

14. *Мотузова, Г.В.* Экологический мониторинг почв / Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – 237 с.

15. *Околелова, А.А.* Экологические принципы сохранения почвенного покрова: монография / А.А. Околелова, О.С. Безуглова, Г.С. Егорова. – Волгоград, 2006. – 96 с.

16. *Романова, Т.А.* Агроценоз и почва / Т.А. Романова // Плодородие почв – уникальный природный ресурс, в нем будущее России: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию книги В.В. Докучаева «Русский чернозем», 26 февр.–1 марта 2008 г. – СПб.: Изд. дом Санкт-Петербургского гос. ун-та, 2008. – С. 103–104.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF TRANSFORMATION OF COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOD-PALE-PODZOLIC SOILS UNDER THE INFLUENCE OF AN ANTHROPOGENIC FACTOR

**S.V. Shul'gina, T.N. Azarenok, D.V. Matychenkov, O.V. Matychenkova,
L.I. Shibut, S.V. Dydyshko**

Summary

The article presents an ecological assessment of the evolution of sod pale-podzolic light loamy soils under the influence of an anthropogenic factor on the basis of using the values of criteria's divergences of genetic properties of arable soils from the original (natural) state. The strong degree of transformation of properties of differently cultivated variants of the investigated soils has been established according to the constructed scale, which makes it possible to differentiate the changes of soil criterion by the conditional degree of manifestation. The modern variants are characterized by a favorable character for farming.

Поступила 28.11.2017

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОСТАВЛЕНИЮ И ОБНОВЛЕНИЮ ПОЧВЕННЫХ КАРТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК

М.Ф. Курьянович¹, А.Ф. Черныш², Ф.Е. Шалькевич³

¹Филиал «Институт геологии», г. Минск, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

³БГУ, географический факультет, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Картографические материалы с течением времени информационно и физически стареют. На устаревших картах часто содержатся ошибочные сведения об отдельных ее элементах. Использование таких материалов для практических и научных целей искажает информацию, которую получают с использованием этих карт. В связи с этим периодически проводится их обновление с целью приведения к современному уровню требований.

Почвенные карты являются одним из важнейших источников информации о почвенном покрове. Они служат основой для планирования различных мероприятий по рациональному использованию и охране земель в сельском и лесном хозяйствах. Кроме того, они используются в качестве основы при составлении различных тематических карт (ландшафтных, экологических и др.). Следовательно, при составлении почвенных карт к ним предъявляются высокие требования по точности и детальности отображения почвенного покрова и его научно обоснованной генерализации.

Существуют различные подходы к генерализации почвенных контуров при составлении и обновлении почвенных карт и, в частности, с использованием компьютерных технологий [5, 6]. Чрезмерная генерализация зачастую снижает информативность почвенных карт, а значит их ценность.

Цель исследования заключалась в изучении методических вопросов составления, обновления и генерализации почвенных карт с использованием материалов дистанционных съемок (МДС).

В настоящее время на территорию республики составлены в трехкратной повторности почвенные карты в масштабе 1 : 10 000. Однако для их составления в качестве картографической основы, преимущественно, использовался план землепользования на котором детальность отображения местности используемой при выделении границ почвенных разновидностей не позволяет их точно и детально отобразить. Решение данной задачи в значительной степени обеспечивает использование в качестве картографической основы материалов дистанционных съемок, дающих объективное отображение географического пространства и природной среды.

Выполненные исследования [9] по сравнительному анализу почвенных карт составленных на основе аэрофотоснимков и плана землепользования второго тура исследования показал, что степень старения почвенных карт второго тура колеблется от 49,3 % до 76,8 %.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом выполненных исследований являлся почвенный покров и почвенные карты. Предметом исследования послужили материалы дистанционных съемок для составления почвенных карт. Методологию исследования составил системный подход, который в почвенной картографии означает, что ее объектом становятся не отдельные классификационные группы почв и их распределение, а почвенно-географическое пространство в целом: закономерности его специфического строения и неоднородности.

При дешифрировании материалов дистанционных съемок применялись: метод ключевых участков, визуальный и визуально-инструментальные методы, а также цифровая обработка аэрокосмических снимков с использованием программного продукта ArcGis. На ключевых участках были отдешифрированы аэрокосмические снимки, составлены почвенные карты и выполнен их картометрический анализ с вычислением коэффициентов структуры почвенного покрова (расчленения, контрастности и неоднородности).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При почвенном картографировании специалисту приходится решать две основные задачи, от которых, в большой мере, зависит качество и информативность почвенных карт. Во-первых, это правильная диагностика почвенных разновидностей, а во-вторых – точность и детальность выделения их границ. Если первое обуславливается квалификацией специалиста, то второе в значительной степени, – качеством используемой картографической основы. Материалы дистанционных съемок, дающие объективное отображение земной поверхности, позволяют почвоведу сравнительно быстро сориентироваться на местности, определить местоположение, довольно точно определить места закладки почвенных разрезов и прикопок, а также облегчают процесс установления границ почвенных разновидностей.

Исследования [2] показывают, что только на выделение границ почвенных контуров в полевых условиях без использования материалов дистанционных съемок затрачивается 22,2 % времени.

При использовании материалов дистанционных съемок решающим условием является их правильный выбор. Эффективность использования МДС при составлении и обновлении почвенных карт в большей мере зависит от правильного выбора типа снимков, их масштаба, пространственного разрешения и сезона съемки [3].

Наиболее высокими изобразительными и информационными свойствами обладают фотографические снимки. Для картографирования почв пахотных земель наиболее эффективно использовать панхроматические снимки, из многозональных – снимки, полученные в красной и инфракрасной зоне спектра. Однако на инфракрасных снимках, полученных в период вегетации культурной растительности, тон изображения изменяется в зависимости от фенологического состояния растительности, что может привести к ложному опознаванию почв. Для территорий занятых под луговой и лесной растительностью наиболее информативными являются спектрально-анализируемые, синтезированные и инфракрасные снимки.

Выбор масштаба и пространственного разрешения снимков, определяется уровнем генерализации, а также соотношением масштаба снимков и создаваемых по ним почвенных карт.

Масштаб используемых аэро- и космических снимков при составлении почвенных карт зависит от комплекса взаимосвязанных факторов: 1) масштаба составляемой карты, ее содержания; 2) размерности объектов, которые необходимо дешифрировать и отображать на почвенной карте; 3) разрешающей способности используемых фотоснимков; 4) разрешающей способности зрения. Масштаб составляемой почвенной карты определяет размер минимального контура, подлежащего отображению на карте. Для контуров почв, имеющих резко выраженные границы в натуре, рациональной величиной считается 20–25 кв. мм, т. е. 4–5 мм в поперечном сечении. Для вытянутых контуров поперечные размеры допускаются в 2 мм. Этим величинам на местности в масштабах 1 : 10 000 и мельче соответствуют десятки метров [7].

При использовании фотографических снимков наиболее оптимальными являются снимки, масштаб которых соответствует масштабу составляемой почвенной карты. Для сканерных снимков необходимо учитывать их пространственное разрешение. При составлении почвенных карт масштаба 1 : 10 000 наиболее оптимальными являются снимки с пространственным разрешением 2,1 м и крупнее, для масштаба 1 : 50 000 – 10 м и крупнее [3].

Одним из важнейших факторов, влияющих на дешифрируемость снимков, является правильный выбор сезона съемки. Исследования [8] показывают, что для территорий занятых под пахотными землями, оптимальными сроками дистанционных съемок является ранневесенний период между соседними датами наиболее ранних и поздних сроков сева яровых культур. Самая ранняя дата не используется за начало съемки потому, что в данный период почва находится в переувлажненном состоянии, что создает на снимках диффузное изображение границ между почвами.

Самой ранней датой начала съемки для юго-запада республики является 17 апреля, а самая поздняя – 6 мая (северо-восток республики), конец съемки соответственно 13 и 29 мая. За окончание съемки принимаются средние даты начала фенологической фазы кущения озимой ржи [1].

Для территорий занятых под луговой растительностью, за начало дистанционных съемок принимается средняя дата начала цветения трав естественных сенокосов, которая для северо-востока республики приходится на 17–20 июня, а для юго-запада Брестской области – 8–10 июня [8].

Дешифрирование почвенного покрова под лесной растительностью имеет свои специфические особенности, поэтому при определении оптимальных сроков дистанционных съемок, необходимо учитывать не только фенологию сезонного развития лесной растительности, которая обуславливает спектральные различия ее видового состава, но и вид съёмки.

Съемку на панхроматическую пленку целесообразно проводить через 15–20, а спектральнозональную – через 30 дней после появления первых листьев у березы. В Беларуси первые листья у березы появляются через 18 дней после перехода среднесуточной температуры воздуха через +5 °С. Следовательно, самый ранний срок дистанционных съемок на панхроматическую пленку на юго-западе республики – 11 мая, спектральнозональную и инфракрасную – 26 мая и на северо-востоке республики соответственно 21 мая и 5 июня [1].

В этот период проявляются наибольшие различия в спектральной яркости между лиственными и хвойными породами, что находит отображение на материалах дистанционных съемок. Наилучшим периодом для осенней съемки на цветную пленку, является время наступления максимального цветового контраста между главными лесообразующими породами до опадения листвы не более чем на 30 %.

Технологическая схема работ по обновлению почвенных карт с использованием МДС состоит из трех этапов: подготовительного, основного и заключительного (рис.). На подготовительном этапе изучаются различные материалы, которые позволяют повысить достоверность дешифрирования почв, а также проводится подбор материалов дистанционных съемок [3].

Основной этап связан с непосредственным дешифрированием почв, который начинается с параллельного анализа на одну и ту же территорию МДС и ранее составленных почвенных карт с целью изучения неоднородности почвенного покрова изучаемой территории и определения места закладки ключевых участков и аэрокосмоэталонов.

Дешифрирование может выполняться как визуально, так и с использованием компьютера. Сканированные космические снимки загружаются в компьютер, их преимущество при анализе района исследования заключается в большой обзорности и возможности при необходимости изменения их масштаба в автоматизированном режиме. Картометрическая обработка почвенных карт ключевых участков заключается в вычислении коэффициентов структуры почвенного покрова (СПП) для оценки степени неоднородности почвенного покрова картографируемой территории. Экстраполяция результатов дешифрирования ключевых участков на исследуемую территорию проводится с использованием аэрокосмоэталонов. Составление почвенной карты проводится в соответствии с методическими указаниями [4 и др.]. Верификация составленной почвенной карты проводится путем закладки полевых маршрутов. Важным вопросом, который приходится решать при составлении почвенных карт связан с их генерализацией. Существуют различные подходы к его реализации. При почвенном картографировании на основе плана землепользования, для территорий с высокой неоднородностью почвенного покрова часто прибегают к выделению комплексов почв. Этот прием приходится использовать из-за невысокой информационной емкости плана землепользования, что затрудняет выделение границ почвенных выделов. Материалы дистанционных съемок позволяют отражать всю пестроту почвенного покрова настолько, насколько позволяет масштаб снимка. Исследования [2] показывают, что при использовании аэрокосмоснимков в качестве картографической основы при почвенном картографировании в масштабе 1 : 10 000, количество контуров площадью до 1 га увеличивается до 70 % и в тоже время количество контуров площадью до 30 га уменьшается до 3 %. Это указывает на то, что значительно увеличивается контурная нагрузка почвенных карт составленных по МДС. Отсюда возникает вопрос: «...является ли положительным фактором увеличение контурной нагрузки на почвенных картах?». С одной стороны это увеличивает затраты труда на их изготовление, с другой – усложняет их практическое использование специалистами. Отдельные авторы [5, 6] предлагают при компьютерном составлении и обновлении почвенных карт небольшие по размеру контуры, в частности в масштабе 1 : 50 000 площадью до 12,5 га, генерализировать. Такой подход менее отразится на качестве составляемых почвенных карт для территорий со слабоконтрастным почвенным покровом и, наоборот, для территорий с высокой неоднородностью отрицательно повлияет на их качество.

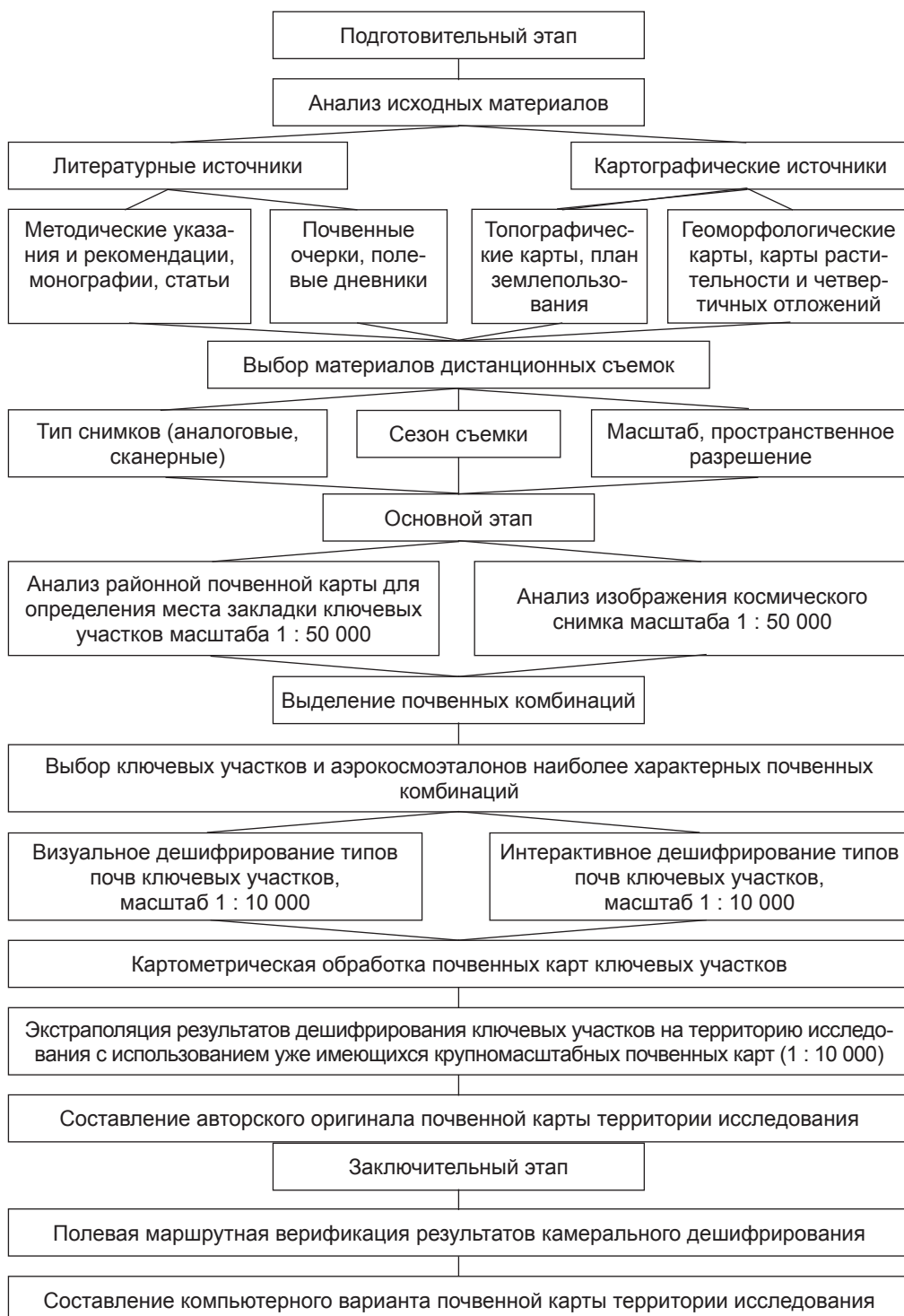
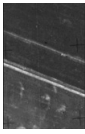





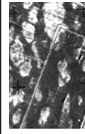
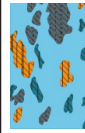

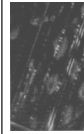
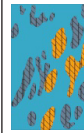


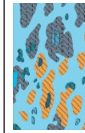



Рис. Схема использования материалов дистанционных съемок при составлении почвенных карт

Таблица 1

Количественные характеристики почвенных карт до и после их генерализации

Вид рисунка аэроизображения почвенных комбинаций	Аэрофотоаэриалы почвенных комбинаций	Почвенные карты		Общая площадь, га	Доля «островов»		Количество «островов»		Коэффициенты неоднородности структуры почвенного покрова						
		До генерализации	После генерализации		до генерализации	после генерализации	до генерализации	после генерализации	коэффициент расчленения	коэффициент контрастности	коэффициент неоднородности	до генерализации	после генерализации		
Однородный				54,0	4,8	0,0	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Слабонеоднородный				54,0	23,9	6,7	19	3	0,04	1,1	0,2	0,3	0,007	0,02	
Среднеодинородный				51,0	30,5	17,5	19	6	0,2	3,7	0,2	0,23	0,3	0,06	
Сильнонеоднородный				54,0	31,2	20,3	20	8	0,2	5,9	0,2	0,4	0,4	0,08	
Очень сильнонеоднородный				52,3	44,4	29,2	36	10	0,3	11,8	0,3	0,5	3,8	5,2	1,1

Приведенные в таблице данные, характеризующие почвенные комбинации мелиорированных торфяных почв различной степени неоднородности в масштабе 1 : 10 000, наглядно демонстрируют изменение информативности почвенных карт в результате генерализации контуров площадью до 1 га. Следует отметить, что аналогичная картина наблюдается и на почвенных картах масштаба 1 : 50 000 при генерализации контуров площадью до 5 га. В результате среднееоднородные и сильнонеоднородные почвенные комбинации переходят в слабееоднородные, о чем свидетельствуют почвенные карты и коэффициенты неоднородности. Это, естественно, повлечет за собой ошибки в планировании соответствующих мероприятий по их рациональному использованию. В этой связи уместно упомянуть используемый ранее суммарный подход по учету земельных ресурсов, который имел следствие ошибочного суждения о потенциальных возможностях осушенных земель, которые оценивались, в основном, по общей (суммарной) площади почв. Так, если общая площадь торфяных почв на каком-нибудь массиве превышала 50 %, считалось, что для всего массива могут проектироваться мероприятия, ориентированные на использование торфяных почв.

На наш взгляд, при составлении и обновлении почвенных карт по материалам дистанционных съемок, необходимо на них отображать все разнообразие почвенного покрова в соответствии с масштабом исследования, а уже на основе данных карт составлять производные (агропроизводственные группировки почв, карты структуры почвенного покрова), облегчающие их использование в практических целях.

Это согласуется с положением методических указаний [4], где указывается, что проблема экономически выгодного и экологически безопасного землепользования в Беларуси предусматривает количественный учет всего разнообразия почвенного покрова и определение качества отдельных его компонентов.

ВЫВОДЫ

Использование МДС в качестве картографической основы при составлении и обновлении почвенных карт увеличивает их контурную нагрузку. Количество почвенных контуров площадью до 1 га на почвенных картах масштаба 1 : 10 000 увеличивается до 70 %, и наоборот, до 3 % уменьшается при площади до 30 га.

Эффективность использования материалов дистанционных съемок при составлении и обновлении почвенных карт определяется правильным выбором их типа, масштаба, пространственного разрешения и сезона съемки.

Масштаб фотографических снимков должен соответствовать масштабу составляемой карты, а сканерных снимков – 1 : 10 000 с пространственным разрешением 2,1 м и крупнее, 1 : 50 000 – 10 м и крупнее. Для территорий с преобладанием пахотных земель наиболее информативны аэрокосмические снимки ранневесенних сроков съемки (юго-запад – 17 апреля; северо-восток – 6 мая, для территорий занятых под луговой и лесной растительностью – инфракрасные, спектрально-синтезированные летних сроков съемки).

Детальность отображения почвенных контуров на крупномасштабных почвенных картах с использованием материалов дистанционных съемок обуславливается дешифрируемостью снимков и их масштабом, т.е. выделяются все те контуры, которые позволяют отобразить масштаб составляемой карты.

Генерализацию почвенных контуров при составлении крупномасштабных и среднемасштабных почвенных карт необходимо проводить с учетом неоднородности почвенного покрова. При генерализации почвенных контуров площадью до 1 га на почвенных картах масштаба 1 : 10 000 почвенные комбинации средней ($K_n = 0,8$) и сильной ($K_n = 21,1$) неоднородности после генерализации переходят в слабонеоднородные (K_n соответствует 0,06-0,08), а слабонеоднородные ($K_n = 0,3$) в однородные ($K_n = 0,007$).

Для территорий с высокой контрастностью и неоднородностью почвенного покрова (мелиорированных, пойменных и др.), используемых в сельскохозяйственном производстве с целью облегчения практического использования почвенных карт целесообразно на их основе составлять карты СПП с выделением почвенных комбинаций с количественной характеристикой различных по степени неоднородности и сельскохозяйственному использованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Курьянович, М.Ф.* Влияние погодных условий и сезонных факторов на дешифрируемость аэрокосмических снимков / М.Ф. Курьянович, Ф.Е. Шалькевич // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века: материалы Международной практической конференции. – Минск, 2013. – С. 280.
2. *Курьянович, М.Ф.* Эффективность использования материалов дистанционных съемок при картографировании почв / М.Ф. Курьянович, Ф.Е. Шалькевич // Земля Беларуси. – 2011. – № 4. – С. 34–38.
3. *Курьянович М.Ф.* Структура почвенного покрова Белорусского Полесья и ее агропроизводственная интерпретация на основе материалов дистанционных съемок: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.01.03 / М.Ф. Курьянович; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2016. – 24 с.
4. *Смеян, Н.И.* Методические указания по корректировке почвенных материалов осушенных и прилегающим к ним земель в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь / Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут. – Минск, 2005. – 17 с.
5. *Мышляков, С.А.* Дэшыфраванне і картаграфаванне глебау сельскагаспадарчых зямель па касмічным здымкам / С.А. Мышляков // Земля Беларуси. – 2011. – № 4. – С. 34–38.
6. *Прокопович, С.Н.* Разработка методик и технологий создания цифровых крупно- и среднемасштабных почвенных карт на основе использования ГИС-технологий / С.Н. Прокопович // Вестник БГУ. – 2014. – Сер. 2. – № 2. – С. 75–80.
7. *Симакова, М.С.* Картографирование почвенного покрова с использованием материалов аэро- и космической съемки: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / М.С. Симакова. – М., 1984. – 43 с.
8. Составление тематических карт на основе дешифрирования аэрокосмических снимков: учебно-метод. пособие / сост. Ф.Е. Шалькевич, Р.А. Жмойдяк, А.А. Топаз. – Минск, 2000. – 40 с.
9. *Шалькевіч, Ф.Е.* Аб абнаўленні буйнамасштабных глебавых карт / Ф.Е. Шалькевіч, Р.А. Жмайdzяк // Весці АН БССР. Сер. сельскагаспад. навук. – 1988. – № 2 – С. 50–54.

METHODICAL APPROACHES TO COMPILING AND RENEWAL OF SOIL MAPS USING REMOTE SENSING MATERIALS

M.F. Kuryanovich, F.E. Shalkevich

Summary

The article outlines methodical approaches to the selection of materials of remote surveys, their interpretation and generalization of soil contours in the compilation and updating of soil maps.

Поступила 24.08.17

УДК 631.58

ОЦЕНКА ЗОНАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УКРАИНЫ

И.В. Плиско

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

ВВЕДЕНИЕ

Основу существующих систем земледелия составляет комплекс организационно-хозяйственных, агротехнических и мелиоративных мероприятий, отражающих почвенно-климатические условия региона, направленные на эффективное использование почвенных, водно-тепловых и материально-технических ресурсов, сохранение и повышение плодородия почвы, получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Природно-климатические условия Украины (зона Полесья, Лесостепи и Степи) подразумевают существование зональных систем земледелия, различающихся по интенсивности использования почв, структуре посевных площадей, функциональной нагрузке и ряду других показателей. При этом зональные системы земледелия не учитывают в полной мере пространственную неоднородность свойств почв, на основании исследования которой можно планировать точные агротехнологии по внесению удобрений, проведению мелиоративных мероприятий и механической обработки почвы.

На основании данных экспериментального и довольно длительного исследования неоднородности топографии, морфологических, водных, физических, физико-механических, физико-химических и химических свойств почв можно уверенно утверждать, что пространственная неоднородность – имманентная (обязательно свойственная, присущая) характеристика почвы, которую необходимо исследовать как важную в теоретическом и в практическом отношении особенность почв. Неоднородность, как объективно существующее явление в пределах небольших

пространств, где факторы почвообразования не подвержены заметным отклонениям, в то же время свойства почв, имеют чрезвычайно высокий уровень изменчивости, требует разъяснения.

Многие исследователи проявляют повышенный интерес к изучению пространственной неоднородностью свойств почв и урожая в пределах поля севооборота [1–14]. Оказалось, что большинство свойств почв и урожайные данные характеризуются повышенными и умеренными коэффициентами пространственной вариативности. Для содержания подвижных форм питательных элементов и некоторых физических свойств (глубиность посевного слоя, содержание фракции > 10 мм) величины коэффициентов, как правило, превышают 0,30–0,50, для морфологических параметров профиля, гранулометрического состава, pH, содержания гумуса и урожая – в пределах 0,10–0,25. Известно, что если коэффициент вариации превышает 0,25, пространственная неоднородность на поле гарантируется [15, 16]. При этом даже минимальные значения данного коэффициента свидетельствуют о варьировании свойств почв, потому что автокорреляционная функция является достоверной на разных расстояниях (преимущественно средних и крупных) пространства поля, спектральная плотность представлена ясными пиками волн различной частоты, и только нагет-эффект проявляется эпизодически. Такие геостатистические оценки однозначно свидетельствуют о том, что согласно теории регионализированных переменных пространственная вариативность является закономерным (а не случайным) явлением. Поэтому дифференциация агротехнологических приемов в пределах поля, то есть переход от зональных к пространственно-дифференцированным системам земледелия является вполне научно обоснованным и экономически оправданным, так как одновременно помогает сохранить почву от деградации и загрязнения, сэкономить ресурсы и получить конкурентно способную сельскохозяйственную продукцию, что является крайне важным для Украины.

Цель статьи – обосновать переход от зональных к пространственно-дифференцированным системам земледелия на основе оценки зональных и региональных особенностей неоднородности почвенного покрова Украины.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование пространственной неоднородности пахотных почв проведено сотрудниками лаборатории геоэкофизики почв ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» совместно с Полесским филиалом и Донецкой опытной станцией института, Волынским и Черниговским областными центрами охраны плодородия почв и качества продукции.

Исследования были проведены на примере нескольких полей севооборота, которые охватывали доминирующие пахотные почвы различных природно-климатических зон Украины. В зоне Полесья исследовано 3 поля – Романов, Колки (Волынская область) и Ведильцы (Черниговская область), в Лесостепи – Коротич и Коммунар (Харьковская область), в Степи – Донецк (Донецкая область). Почвенный покров полей – с преобладанием типичных для зон почв соответственно дерново-подзолистых оглеенных, черноземов типичных и темно-серых почв, черноземов обыкновенных. Размер полей – от 11 до 105 га.

Программа полевых и камеральных работ включала изучение основных индикаторных свойств пахотного слоя, используемых для планирования точных агротехнологий – структурного состава, плотности сложения и твердости для плани-

рования обработки, содержания питательных элементов (общего азота, подвижных форм фосфора и калия) – для внесения удобрений, pH – для проведения мелиоративных мероприятий (в частности, известкования). В полевых условиях закладывали регулярную сетку элементарных участков из расчета 1–2 участка на 1 га. Число элементарных участков – от 27 до 51. На объекте Ведильцы число элементарных участков составляло 1170. Обработку данных осуществляли по геостатистической методологии с определением гистограмм, 2-D- и 3-D-диаграмм, вариограмм, автокорреляционной функции, спектральной плотности дисперсии, периодограмм, а также основных статистических и геостатистических параметров – размаха колебаний, дисперсии, асимметрии, вариации, радиуса корреляции, порога дисперсии, нагет-эффекта и т.д. Расчеты производили по стандартным программам Statistica, Surfer и MapInfo.

Неоднородность оценивали относительно индикаторов точного земледелия (топографии, морфологии профиля, физических, физико-химических и химических свойств почв), то есть, свойств, на основании которых в дальнейшем были сформулированы требования к дифференциации агротехнологий (внесение удобрений, проведение обработки и применение мелиоративных приемов). Оценку оптимальности индикаторных свойств почв проводили по общеизвестным параметрам [17–20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований установлены зональные и региональные закономерности пространственной неоднородности почвенного покрова Украины. На основании количественных оценок неоднородности определены способы рационального учета неоднородности (парцелляция полей, ограниченное применение зональных (адаптированных) технологий, выравнивания уровня плодородия отдельных частей поля и др.).

Учитывая многообразие индикаторов неоднородности и различия в их оценках (от достаточно малых до очень высоких), были конкретизированы рекомендации для проведения отдельных агротехнологических приемов. Установлено, что, например, рекомендации для точных способов обработки почв и точного внесения удобрений в связи с различиями в контурах с однотипными параметрами, во времени и глубинах проявления, должны быть принципиально разными.

Одной из задач исследований было обоснование границ между рабочими участками, которые характеризовались бы объективными различиями уровней почвенного плодородия и гарантировали бы эколого-экономический эффект применения пространственно-дифференцированных (точных) систем земледелия.

Имея столь подробную информацию о пространственной неоднородности ряда различных почв, мы не могли не поставить на рассмотрение ряд теоретических вопросов о происхождении неоднородности, ее значении в почвообразовании, картографировании, использовании при интерпретации многих вопросов. Высокая вариабельность почв на небольших расстояниях, которая была исследована нами и отмечалась многими другими исследователями при наличии нагет-эффекта и ряда других геостатистических оценок, позволяет утверждать, что вероятностная концепция почвообразования в современных исследованиях явно недооценивается. Взаимообусловленность свойств почв и факторов почвообразования может иметь место только для, так называемых, идеальных (средних) величин, но в

реальных условиях свойства почв не столь однозначно отражают факторы почвообразования, а имеют сложную пространственную структуру и характеризуются диапазоном параметров, а не константой (постоянной величиной).

Проведенные исследования позволили теоретически осмыслить, почему границы между почвами и их свойствами не совпадают, и оценить насколько важно, чтобы агрономические рекомендации базировались на почвенных картах. В связи с вышеуказанным возникла задача исследовать пространственную неоднородность агрономически важных свойств почв и на их основании планировать проведение дифференциации агротехнологий, в частности, внесение удобрений, обработки и мелиорации почв только там, где в этом есть необходимость, а не сплошь, как делается по почвенным, технологическим, мелиоративным или агрохимическим картам. Таким образом, недооценка неоднородности негативным образом сказывается на решении самых разнообразных прикладных вопросов – при проведении землеустроительного проектирования, при проведении почвенных, мелиоративных, экологических исследований, агрохимической паспортизации полей. В ходе исследований разработаны также предложения по учету пространственной неоднородности в некоторых видах исследований и мониторинга почвенного покрова.

Установлено, что наибольшей неоднородностью (величина коэффициента пространственной вариабельности превышает значение 0,25) характеризуется глубистость посевного слоя почвы, содержание подвижного фосфора и далее в нисходящей последовательности: суммарный минеральный азот, подвижный калий, плотность сложения, твердость посевного слоя и количество агрономически-ценных агрегатов (фракция 10,00–0,25 мм). Завершает этот ряд содержание гумуса и pH (рис. 1).

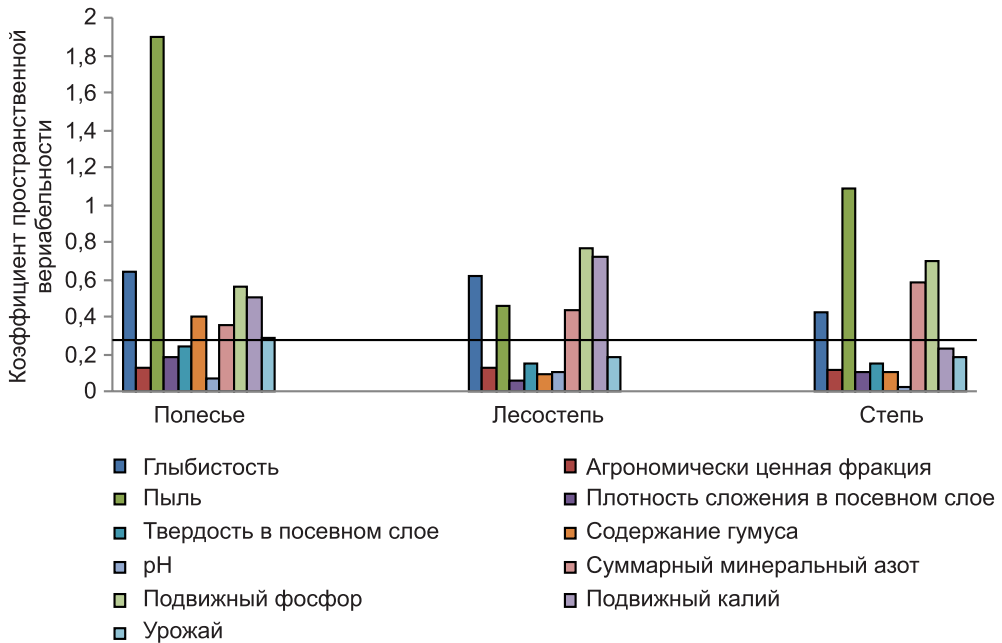


Рис. 1. Средние коэффициенты пространственной вариабельности агрофизических и агрохимических показателей почв

Обобщение материалов о пространственной неоднородности показателей исследованных полей позволяет обработать исходные данные для технологического обоснования применения пространственно-дифференцированной системы земледелия. Результаты показаны в табл. 1.

Из данных таблицы следует, что в разных природно-климатических зонах и на почвах различного генезиса наблюдается значительная пестрота размеров площадей с благоприятными (приближенными к оптимальным) свойствами. Как и следовало ожидать, естественное плодородие почв зон Полесья, Лесостепи и Степи существенно различается. В Лесостепи и Степи эти части по разным индикаторам составляют от 10 до 100 %, в зоне Полесья – от 0 до 79 %. Именно эти площади представляют собой неиспользованный резерв уменьшения объемов агротехнологических операций (вплоть до полного отказа от них) при возделывании сельскохозяйственных культур. Следует подчеркнуть, что это пока нереализованный резерв, потому что в Полесье малопопулярными являются как минимальные, так и нулевые технологии. Однако полученные данные свидетельствуют о возможности широкого использования дифференцированных агротехнологий в полесской зоне Украины.

В полях с черноземными почвами почти что нет участков, которые относились бы к 3-й технологической группе, то есть требующих улучшенной (более насыщенной агроприемами) технологии выращивания культур. При этом достаточно большие площади почв в полях, которые отнесены к 1-й и 2-й агротехнологическим группам, что также является благоприятным фактором для развития дифференцированного земледелия в Лесостепи и Степи страны. Однако, содержание и направленность агротехнологий, как видно из соотношения площадей на исследованных объектах, существенно различается.

Основной является информация о размерах площадей участков с разным уровнем плодородия. Пространственно-дифференцированная система земледелия предлагает выделять три уровня плодородия относительно каждого индикатора, как это продемонстрировано в табл. 1. Их выделение осуществляется на основании обработки 2-D-карт-диаграмм с помощью нормативов для каждого из индикаторов неоднородности.

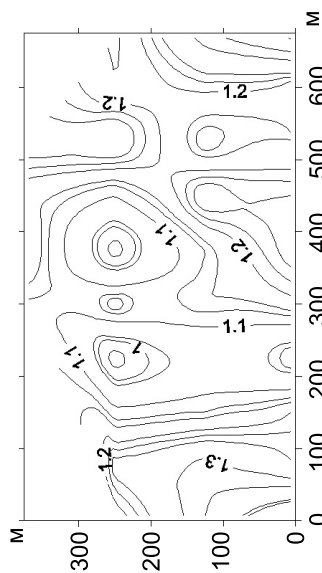
Контуры будущих агротехнологических участков получают после объединения контуров на кригинг-карте. Последняя передается механизатору как план-задание при наличии специализированной техники. Если такая техника отсутствует, то карты диаграммы подвергаются дальнейшей обработке. На этом завершающем этапе подготовки директивы контуры на 2-D-диаграмме выпрямляют до максимально оправданной прямоугольной формы, что в конечном итоге способствует облегчению выполнения технологических операций с помощью обычной сельскохозяйственной техники. Последовательность трансформаций 2-D-диаграмм показана на рис. 2.

Для технико-экономического обоснования выполнения технологических операций при внедрении пространственно-дифференцированной системы земледелия необходимы данные о площади земель той или иной технологической группы, а также информация об их локализации на поле с ясно очерченными контурами. Далее в зависимости от обеспеченности предприятия ресурсами технико-экономическое обоснование может осуществляться в двух вариантах. Если предприятие ограничено ресурсами, оно может не выполнять никаких предпосевных операций

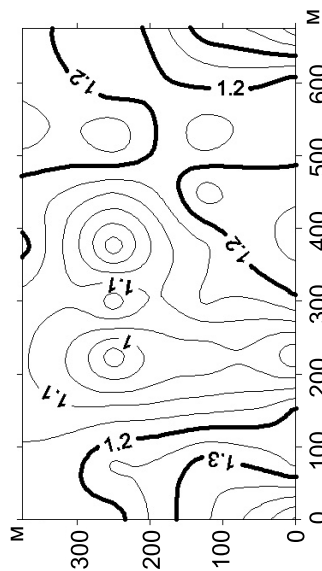
Таблица 1
Исходные данные для определения частей полей с параметрами плодородия, приближенными к оптимальным

Объект, общая площадь поля	Индикатор пространственной неоднородности поля	Диагностический пара- метр для определения оп- тимальности индикатора	Агротехнологическая операция	Агротехнологические группы почв полей с раз- ным уровнем плодородия, площадь, га		
				1	2	3
Романов, 63 га	P ₂ O ₅ (по Чирикову) K ₂ O (по Чирикову) рН содержание глыб в посевном слое	>150 мг/кг почвы >120 мг/кг почвы 5,5-7,0 <5%	Основное внесение Основное внесение Известкование Предпосевная обработка	13 23 50 24	50 40 8 12	3 0 0 5 27
Колки, 11 га	P ₂ O ₅ (по Чирикову) K ₂ O (по Чирикову) рН содержание глыб в посевном слое	>150 мг/кг почвы >120 мг/кг почвы 5,5-7,0 <5%	Основное внесение Основное внесение Известкование Предпосевная обработка	0 0 0 2,8	2,4 4,6 0 4,4	8,6 6,4 11 3,8
Ведильцы, 105 га	P ₂ O ₅ (по Чирикову) K ₂ O (по Чирикову) рН содержание глыб в посевном слое	>150 мг/кг почвы >120 мг/кг почвы 5,5-7,0 <5%	Основное внесение Основное внесение Известкование Предпосевная обработка	74 25 32 10	27 77 27 52	4 3 41 38
Коротыч, 31 га	P ₂ O ₅ (по Чирикову) K ₂ O (по Чирикову) рН содержание глыб в посевном слое	>150 мг/кг почвы >120 мг/кг почвы 5,5-7,0 <5%	Основное внесение Основное внесение Известкование Предпосевная обработка	9 28 14 16	22 3 11 12	0 0 6 5
Коммунар, 30 га	P ₂ O ₅ (по Чирикову) K ₂ O (по Чирикову) рН содержание глыб в посевном слое	>150 мг/кг почвы >120 мг/кг почвы 5,5-7,0 <5%	Основное внесение Основное внесение Известкование Предпосевная обработка	30 30 12 15	0 0 18 12	0 0 0 3
Донецк, 50 га	P ₂ O ₅ (по Чирикову) K ₂ O (по Чирикову) содержание глыб в посевном слое	>150 мг/кг почвы >120 мг/кг почвы <5%	Основное внесение Основное внесение Предпосевная обработка	5 8 38	45 42 12	0 0 0

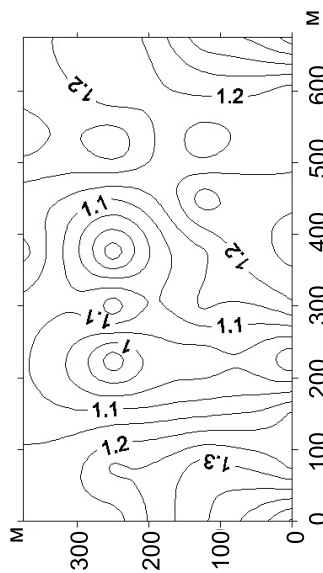
Агротехнологические группы: 1 – с благоприятными свойствами почв (допускается отказ от выполнения любых агротехнологических операций); 2 – с применением зональной или минимальной агротехнологии; 3 – с улучшенной (насыщенной мероприятиями) агротехнологией.



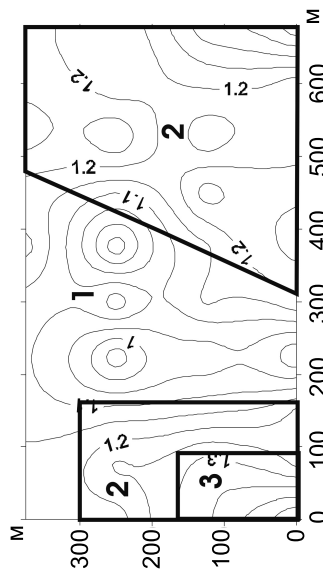
а – диаграмма, построенная по исходным данным;



б – диаграмма, построенная с применением блок-кригинга;



в – после объединения контуров в соответствии с нормативами;



г – после выпрямления контуров:

- 1 – часть поля, не требующая предварительного предпосевной обработки;
- 2 – часть поля, которая требует не менее 1-кратной предпосевной культивации;
- 3 – часть поля, которая требует тщательной (не менее 2-кратной) предпосевной культивации.

Рис. 2. Последовательность трансформации 2-D-диаграмм на примере объекта Романов, индикатор неоднородности – равновесная плотность сложения пахотного слоя перед посевом, г/см³

на контурах 1-й агротехнологической группы почв, а непосредственно приступать к посеву сельскохозяйственной культуры. Оптимальный (благоприятный) уровень параметров в этой части поля позволяет поступить именно так. Высвободившиеся ресурсы (удобрения, мелиоранты, горюче-смазочные материалы и т.д.) можно либо сэкономить или использовать на участках 3-й агротехнологической группы этого же или других полей, где плодородие почв необходимо улучшать. На участках 2-й агротехнологической группы необходимо выполнять операции согласно зональным рекомендациям (зональная система земледелия).

ВЫВОДЫ

Исследование пространственной неоднородности свойств почв шести полей различных природно-климатических зон Украины с использованием геостатистической методологии позволило выявить площади и конфигурации частей полей с благоприятными (оптимальными) свойствами. Неоднородность большинства индикаторов свидетельствует об определенных перспективах внедрения пространственно-дифференцированной системы земледелия, которая подразумевает дифференцированное внесение удобрений, средств защиты растений, химических мелиорантов и проведение механической обработки почвы на всех исследованных объектах. На основании соответствующих нормативов пространство каждого поля может быть разделено на три агротехнологические группы для проведения дифференциации агротехнологических приемов. Площади агротехнологических групп после анализа 2-D-диаграмм предложено использовать в качестве исходных данных для обоснования внедрения пространственно-дифференцированных систем земледелия и обработки технологических карт. Предложен метод трансформации участков для внедрения дифференцированных агротехнологий: непосредственно после блок-кригинга при обеспеченности хозяйства техническими средствами и после их упрощения при отсутствии специальной техники. Таким образом, дифференцированное использование агротехнологических приемов с учетом неоднородности почвенного покрова и состояния сельскохозяйственных растений в поле, приобретает популярность в мире и является перспективным для Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прохорова, З.А. Изучение неоднородности свойств дерново-подзолистых почв, пестроты урожайности и связи между ними / З.А. Прохорова // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. – М.: Наука, 1980. – С. 104–118.
2. Прохорова, З.А. Структура почвенного покрова в вопросах методики почвенно-агрохимических исследований / З.А. Прохорова, Н.П. Сорокина // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука, 1978. – С. 201–208.
3. Бобров, В.А. Урожайность зерновых культур при различных компонентах СПП Казахстана / В.А. Бобров, А.И. Кислинский // Структура почвенного покрова и ее значение для картирования почв, учета и использования почвенных ресурсов. – Кишинев: Штиинца, 1980. – С. 39–40.

4. *Адерихин, П.Г.* Пространственное варьирование свойств почв и продуктивность сельскохозяйственных растений внутри элементарного почвенного ареала / П.Г. Адерихин, Д.И. Шубина // Структура почвенного покрова и ее значение для картирования почв, учета и использования почвенных ресурсов. – Кишинев: Штиинца, 1980. – С. 36–38.
5. Интенсификация земледелия в условиях неоднородности почвенного покрова / Т.А. Романова [и др.]. – Минск: БелНИИТИ, 1988. – 44 с.
6. *Самсонова, В.П.* Структуры пространственной вариабельности агрохимических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы / В.П. Самсонова, Ю.Л. Мешалкина, Е.А. Дмитриев // Теоретические и методологические проблемы почвоведения. – М.: ГЕОС, 2001. – С. 318–331.
7. *Шеин, Е.В.* Пространственная неоднородность свойств на различных иерархических уровнях – основа структуры и функций почв / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский // Масштабные эффекты при исследовании почв. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – С. 47–61.
8. Точное земледелие (аналитический обзор) / В.П. Якушев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2001. – № 5. – С. 28–34.
9. *Аніскевич, Л.В.* Системи керування нормами внесення матеріалів в технологіях точного землеробства: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук / Л.В. Аніскевич. – Київ: Нац. аграр. університет, 2005. – 36 с.
10. *Godwin, R.J.* Precision farming of cereals. Practical guidelines and crop rotation / R.J. Godwin. [et al.] // Project Report 267. – Home – Grown Cereals Authority. – L., 2002. – PP. 8.
11. *Bolenius, E.* On-the-go measurements of soil penetration resistance on a Swedish Eutric Cambisol [Текст] / E. Bolenius [et al.] // International Soil Tillage Research Organisation 17 th Triennial Conference. – Kiel. Germany, 2006. – P. 867–870.
12. *Dawson, C.J.* Implications of Precision Farming for Fertilizer Application Policies / C.J. Dawson // Науковий вісник Національного аграрного університету. – Київ, 2006. – Вип.101. – С. 27–42.
13. *Медведев, В.В.* Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 1. Введение в проблему / В.В. Медведев. – Харьков: 13 типография, 2007. – 296 с.
14. Неоднородность почв и точное земледелие. Ч. 2. Результаты исследований / под ред. В.В. Медведева. – Харьков: КП «Городская типография», 2009. – 260 с.
15. *Розанов, Б.Г.* Генетическая морфология почв / Б.Г. Розанов. – М: Наука, 1975. – 286 с.
16. *Медведев, В.В.* Агро- и экофизика почв / В.В. Медведев. – Харьков: ООО «Полосатая типография», 2015. – 312 с.
17. Влияние органических и минеральных удобрений на плодородие почв / Б.С. Носко [та інш.] // Почвы Украины и повышение их плодородия. – Киев: Урожай, 1988. – Т. 2. – С. 34–58.
18. *Бука, А.Я.* Оптимізація доз застосування азотних добрив на основі рослинної і ґрунтової діагностики живлення рослин: методичні рекомендації / за ред. А.Я. Буки. – Харків, 2000. – 32 с.
19. Нові технології і нормативи застосування органічних і мінеральних добрив / О.О. Бацула [та інш.] // Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах; за ред. С.М. Рижукі і В.В. Медведева. – Київ–Харків, 2003. – С. 54–85.

20. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. – Київ, 2013. – 104 с.

EVALUATION OF ZONAL AND REGIONAL PECULIARITIES OF HETEROGENEITY OF THE SOIL COVER IN UKRAINE

I.V. Plisko

Summary

Based on studies of spatial heterogeneity of the soil cover of Ukraine (by the example of six fields of different natural and climatic zones using geostatistical methodology) we justified the transition from zonal ones to spatially differentiated farming systems. The methods of rational accounting for heterogeneity (field parceling, limited use of zonal (adaptive) technologies, equalization of the fertility level of individual parts of a field, etc.) were determined on the basis of quantitative estimates of the heterogeneity. In course of the research, the heterogeneity of the majority of indicators shows certain prospects of implementation of spatially differentiated system of agriculture. It implies a differentiated application of fertilizers, plant protection products, chemical ameliorants and machining of soil on all investigated sites.

Поступила 17.10.17

УДК 631.421

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПОЧВ ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Т.Ю. Бындыч

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

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость разработки и внедрения систем сбалансированного землепользования и точного земледелия в Украине актуализирует усовершенствование методологии и технологий учета и мониторинга почвенных ресурсов, проводимых на локальном территориальном уровне (уровень поля). На протяжении последних десятилетий в мире широкое развитие получили дистанционные системы наблюдения за состоянием окружающей среды, которые обеспечивают широкий круг потребителей актуальной и постоянно обновляющейся информацией о состоянии ее основных компонентов. Ключевыми элементами этих систем являются использование оперативных данных многоспектрального космического

сканирования (МСКС) и автоматизированный способ их дешифрирования, а также использование GPS-приемников, геоинформационных систем (ГИС) и возможностей Internet для сбора, накопления, обработки и распространения информации, которая позволяет повысить уровень рационального использования почвенных ресурсов. В этой связи, разработка технологий использования космических снимков высокого пространственного разрешения для всестороннего исследования локальных структур почвенного покрова (ПП) может быть рассмотрена не только в качестве фундамента создания национальной и региональных систем дистанционного мониторинга ПП, но и как основы их успешной интеграции в европейские и глобальные системы наблюдения за окружающей средой.

В этой связи, следует напомнить, что цифровые данные МСКС являются одной из картографических моделей земной поверхности и обладают такими информационными свойствами как избирательность, масштаб и метричность, непрерывность, наглядность, обзорность, географическое соответствие и геометрическое сходство [1]. Остальные важнейшие для потребителя информационные свойства, такие как абстрактность, синтетичность, однозначность и логичность, результирующих картографических материалов, обеспечиваются только в процессе дешифрирования снимков. При этом ПП является тем сложным объектом дешифрирования, который характеризуется произвольностью форм контуров, отсутствием визуальной упорядоченности в их расположении на местности, а также незначительной продолжительностью периода времени для съемки открытой почвенной поверхности, что усложняет индикацию почв по прямым дешифрирующим признакам. В связи с этим, почвенное дешифрирование относится к комплексным видам обработки изображений, требующих апробации комплекса подходов и критериев, обосновывающих корректность созданных по данным МСКС пространственных моделей ПП и обеспечивающих решение ряда гносеологических задач, в частности:

- а) выявления – раздельного восприятия элементов (объектов) изображения на снимке без определения их сущности;
- б) распознавания – получения и оценивания целостного образа, допускающее его разделение на отдельные элементы с установлением их качественных и количественных характеристик;
- в) классификации – выявления сущности общих признаков индивидуальных объектов, переход от их индивидуальной характеристике к обобщенной;
- г) интерпретации – прогноза развития или изменения объекта на основе выявленных сведений о нем и анализа ситуации в целом [2].

Обобщение научных публикаций позволяет сделать вывод об активной апробации использования данных МСКС и различных методов их дешифрирования для изучения и картографирования почв сельхозугодий в различных природных зонах мира [3–9]. Однако, наряду с разнообразием используемых в мире технологий почвенного дешифрирования, по-прежнему не решены вопросы анализа и оценивания его результатов. Также следует признать, что использование даже общеизвестных и классических приемов, предусмотренных основами статистической теории распознавания и теорией вероятности, традиционно используемых при дешифрировании аэрокосмических изображений пространственно-организованных природных явлений и объектов, также нуждаются в дополнительном переосмыслении почвоведцами.

Ранее сотрудниками лаборатории дистанционного зондирования ПП ННЦ «ИГА имени А.Н. Соколовского» уже рассмотрен ряд практически значимых вопросов цифрового картографирования локальных структур ПП по данным космической съемки [10–12], а также верификации и анализа, построенных на их основе, почвенно-картографических материалов [13–15]. Полученный опыт показывает, что совершенствование системы критериев и методов, позволяющих анализировать и оценивать результаты почвенного дешифрирования, должно основываться, с одной стороны, на традиционном (или классическом) в генетическом почвоведении подходе к изучению закономерностей пространственного распределения факторов и процессов почвообразования, а с другой – на детальном учете специфики цифровых данных МСКС высокого и сверхвысокого пространственного разрешения как одного из новейших носителей информации о ПП.

Целью данной работы является формирование системы критериев и методических подходов, позволяющих анализировать результаты пространственной дифференциации ПП по данным МСКС на локальном территориальном уровне, а также изложение результатов их частичной апробации на примере одного из исследовательских полигонов в Украине.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объект исследований – локальные структуры ПП и их картографические модели, построенные в результате дешифрирования данных МСКС высокого пространственного разрешения.

Предмет исследований – латеральная неоднородность почв.

Территориальным объектом для апробации разработанных подходов к анализу результатов почвенного дешифрирования данных МСКС является полигон «Тишки 2», расположенный в Харьковском районе Харьковской области, который представляет распространенную в регионе элементарную ландшафтную структуру – переход водораздельной волнистой местности в склон северной и северо-восточной экспозиции одной из балочных впадин. Общая площадь полигона составляет около 140 га.

Согласно общеизвестной системе физико-географического районирования, эта территория относится к Золочевско-Харьковскому району Харьковской лесостепной области юго-западных отрогов Среднерусской возвышенности, для которой характерно сложное сочетание водораздельных волнистых местностей с глубокими среднегумусными выщелоченными черноземами и долинно-балочных, овражно-балочных приречных местностей с эродированными оподзоленными черноземами и темно-серыми лесными почвами [16].

В ходе исследований использованы данные космического аппарата Landsat 8 (съемка 01.05.2017), а также топографическая основа масштаба 1:10000.

Для решения поставленных задач использовались, в основном, статистические методы и методы геоинформационной обработки данных. Так, для географической привязки, учета яркостей элементов изображения в различных диапазонах спектра, основной обработки, преобразований, общего анализа и числовой таксономии космического изображения использовали ГИС TNT и ENVI.

В результате первого этапа тематического дешифрирования созданы картографические модели ПП полигона, которые использованы для разработки системы

опробования почв. Полевое обследование полигона проведено в соответствии с действующей в Украине методикой, предусматривающей морфологическое описание почвенных разрезов и прикопок [17], а также аналитическое исследование отобранных образцов почвы. При этом, точная географическая привязка всех точек отбора проб почвы, почвенных разрезов и прикопок проведена с использованием приборов GPS. В частности, в ходе полевых исследований на полигоне заложено 5 полнопрофильных почвенных разрезов и 3 прикопки, а также отобрано 51 пробу из поверхностного слоя почвы по регулярной сети отбора (через каждые 100 метров). Схема расположения точек отбора проб почвы на этом полигоне представлена на рис. 1.

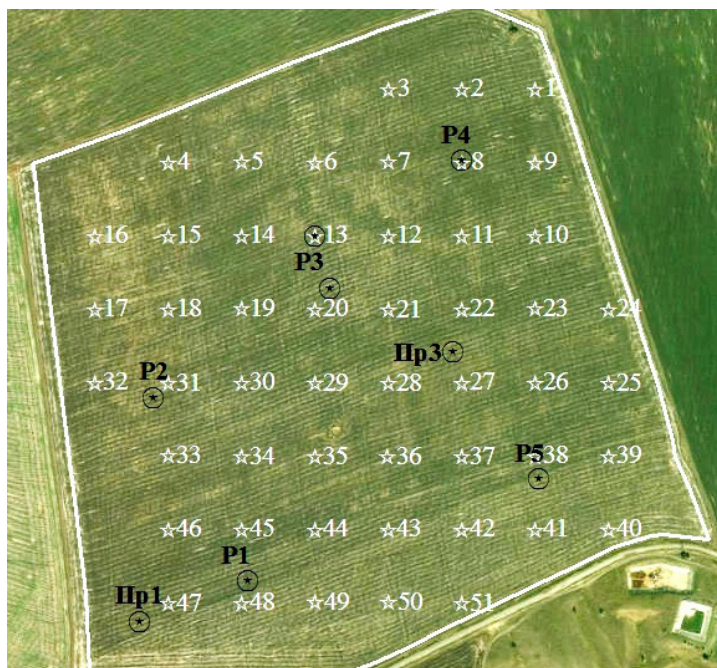


Рис. 1. Схема расположения точек отбора почвенных проб на полигоне «Тишки 2»

В камеральных условиях, во всех почвенных образцах определялось общее содержание гумуса по методу И.В. Тюрина, рН водной вытяжки – колориметрическим методом, рН солевой – компенсационным методом с помощью потенциометра, качественный состав водной вытяжки – с использованием комплексометрического, аргентометрического и пламенно-фотометрического методов, состав обменных оснований – по методу Шолленберга, а также гранулометрический состав – по методу Н.А. Качинского [18].

Результаты аналитического исследования почвенных проб составили базу данных для региона и обработаны с использованием как пакета программ Statistica, так и с помощью ГИС.

Созданная в ГИС цифровая модель рельефа полигона (ЦМР) позволила в автоматическом режиме получить электронные картограммы экспозиции и крутизны склонов, абсолютных высот, использование которых имело большое значение на всех этапах верификации и анализа результатов дешифрирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поскольку методологической основой почвенной картографии является концепция структуры ПП, сформулированная в свое время В.М. Фридландом, анализ результатов цифрового картографирования локальных структур ПП по данным МСКС следует проводить в соответствии с ее основными принципами и положениями. Согласно им, элементарные структуры ПП, наряду с ЭПА, являются теми основными объектами картографирования, которые выделяются по типологическому принципу и являются основой для конструирования более крупных почвенно-территориальных образований. И в этом контексте, основной научной проблемой анализа и оценивания результатов почвенного дешифрирования данных МСКС высокого и сверхвысокого пространственного разрешения является установление корректности дискретизации ПП.

Следует напомнить, что дискретизация каждого географического объекта имеет не только территориальную, но и признаковую составляющую [19]. Относительно ПП, «признаковая дискретизация» состоит в обосновании и характеристике элементарных почвенных ареалов (ЭПА) и элементарных почвенных структур (ЭПС), в то время как «территориальная» (или собственно картографическая) – в локализации почвенно-территориальных объектов и установлении их границ [20]. И таким образом, результат картографирования ПП в значительной степени определяется классификацией низших таксономических единиц, а также установленными подходами к типизации почвенных комплексов (выделение элементарных и мезоструктур ПП). В тоже время, нельзя забывать о необходимости увязки существующих в генетическом почвоведении подходов к диагностике и описанию почв с картографическим изображением, особенно для случая, когда картографирование проведено на основе обработки оптической яркости поверхностного слоя почвы.

Также важным аспектом анализа результатов цифрового картографирования почв является необходимость учета специфики методов картографического моделирования, каждый из которых имеет недостатки и ограничения в применении. Этот аспект является особенно важным при разработке и применении автоматизированных систем картографирования почв по данным МСКС, которые очень часто основаны на использовании кластерного анализа. Несмотря на то, что основная цель кластерного анализа заключается в нахождении структуры, на практике эти методы зачастую привносят структуру в данные, что не обязательно совпадает с реальной или естественной для исследуемых объектов структурой [21]. Кроме этого, результаты территориальной дискретизации ПП по данным МСКС с использованием этого метода, также не имеют четкую увязку с действующими классификационными схемами, которые лежат в основе диагностики низших таксономических единиц. Таким образом, основой эффективного использованию этого вида анализа многомерных данных для целей почвенного дешифрирования является разработка и апробация способов, позволяющих отличать «реальные» группировки (которые соответствуют как природе отдельных почвенных процессов и свойств, так и современным методам их определения) от тех, что привнесены методом кластеризации.

Среди всего многообразия существующих в мире подходов, одним из наиболее надежных способов установления взаимной обусловленности признаковой и территориальной дифференциации ПП, а также анализа и оценивания качества цифрового картографирования ПП по данным МСКС, представляется хорошо известный в почвоведении статистико-картографический анализ, предусматри-

вающий проверку корректности выделения низших почвенно-территориальных единиц на основе [20, 22]:

- статистического анализа, который устанавливает или корректирует разделение почвенных объектов в признаковом пространстве (таксономические выделы);
- картографического контроля или апробации признакового разделения в реальном географическом пространстве;
- анализа связей ЭПА и элементарных почвенных структур с факторами дифференциации ПП.

Однако, учитывая особенности современного этапа развития почвоведения, каждая из составляющих статистико-картографического анализа может быть усовершенствована за счет использования геостатистических методов, которые основаны на теории регионализированных переменных [23]. Большинство научных задач, решаемых геостатистикой, а к ним относится описание и анализ пространственного варьирования свойства в пределах ареала, района, полигона и т.п., пространственное моделирование, обоснование оптимальных схем отбора проб, являются определяющими и для анализа результатов цифрового картографирования локальных структур ПП по данным МСКС. Лишь следует помнить, что такой подход выдвигает определенные требования к объему эмпирических данных о ПП, обеспечивающих принципиальную возможность проведения геостатистического анализа. В целом же, необходимость применения аппарата геостатистики для анализа результатов картографирования ПП по данным космической съемки определяется еще и тем, что это обеспечивает проверку полученных почвенно-картографических материалов на «однородность и концентрацию» – две исключительно важные характеристики территориального распределения признака объекта и меры оценки качества схем членения территории [24].

Еще одним важным аспектом анализа результатов цифрового картографирования локальных структур ПП по данным МСКС является необходимость использования методов, позволяющих обобщать результаты дискретизации ПП, причем в лаконичной форме. И действительно, систематическое поступление космических снимков хорошего качества и сравнительно высокая скорость их обработки обеспечивают научно-исследовательскую деятельность почвоведов огромным количеством материала, который нуждается в интеграции. В этой связи, логичным представляется использование системы критериев и методов, известных из теории информации, а также географической науки. В частности, создание информационной модели территориальной дифференциации и вычисление информационного показателя сложности заслуживают особого внимания. Напомним, что показателем сложности в информационной модели территориальной дифференциации является информационная (энтропийная) функция разнообразия, основанная на вероятностной формализации территориального расчленения. Пространственные системы, элементы которых могут быть заданы вероятностями с обязательным условием, чтобы сумма всех вероятностей составляла 1,0, имеют информационный показатель разнообразия или сложности морфологического расчленения, который вычисляют по формуле К. Шеннона (1) [25]:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где p_i – вероятность i -го элемента морфологического расчленения.

Использование этого показателя позволяет оценивать разновременные результаты дискретизации ПП по данным МСКС, поскольку увеличение числа элементов территориального разделения или изменение в соотношении их площадей фиксируется соответствующими изменениями информационного показателя сложности.

Анализ формы почвенных контуров, полученных по данным МСКС, также может быть проведен посредством расчета нескольких количественных показателей, интерпретация которых позволяет не только судить о физиономическом содержании современного агроценоза, но и выявлять особенности истории и динамики развития всей территории, влияние различных факторов почвообразования и антропогенного воздействия на современное состояние локальных структур ПП. В этой связи, группа показателей, характеризующие контурность и взаимное расположение почвенных ареалов, также имеет перспективы, поскольку их определение часто является шагом для установления генезиса почвенных контуров или присущим им естественным процессам [26].

Перечисленные выше аспекты анализа результатов цифрового картографирования ПП по данным МСКС позволили сформировать три основные группы критериев, позволяющих проводить анализ или оценивание качества дискретизации локальной структуры ПП (рис. 2).



Рис. 2. Основные критерии оценивания результатов цифрового картографирования ПП по данным космической съемки

Поскольку объем статьи не позволяет в качестве примера изложить всю многоаспектность анализа результатов дискретизации ПП для опытного полигона по данным МСКС, остановимся лишь на тех из них, которые касаются экспертного выбора оптимального варианта кластерной карты, поскольку это является ключевым этапом дешифрирования.

В связи с тем, что подобранное космическое изображения полигона «Тишки 2» имело набор метаданных, в ходе исследований был использован полный алгоритм почвенного дешифрирования, который на первом этапе включает в себя радиометрическую и атмосферную коррекцию изображения, расчет вегетационного индекса NDVI, а также общий статистический анализ изображения для всех каналов сканирования. Выраженная асимметрия и полимодальность распределений оптических характеристик открытой почвенной поверхности в шести диапазонах сканирования позволили предположить, что распределения представляют совмещение не только двух, но и большего количества подсовкупностей, что является вероятным следствием неоднородности ПП, под которой следует понимать закономерный характер варьирования почвенных свойств. Сопоставление основных вариационно-статистических показателей изображения полигона позволило определить большую информативность четвертого, пятого и шестого каналов съемки. В связи с этим, изображения этих диапазонов сканирования использованы для последующей их классификации, которая в автоматических системах дешифрирования чаще всего проводится методами кластерного анализа.

На этапе классификации изображения были применены метод постепенного увеличения степени дискретизации изображения (начиная с двух и заканчивая 12 классами), а также экспертное оценивание результатов дискретизации изображения, проведенное двумя методами кластеризации: K-средних и ISODATA. Сравнительный анализ показал, что поскольку алгоритм ISODATA использует минимальное спектральное расстояние для определения соответствующего класса (кластера) для каждого из элементов изображения, картографические модели ПП полигона, полученные с его использованием, отличаются большим количеством ареалов небольшой площади. В целом, общий рисунок таких почвенно-картографических материалов можно охарактеризовать как «лоскутная структура», изучение которой имеет перспективы для детального изучения почв, в частности, для определения элементарных почвенных ареалов (ЭПА) и почвенных комбинаций (ПК). Сопоставление взаимного расположения кластеров и значений эквклидового расстояния, позволило определить соподчиненность классов, что важно для установления основных элементов неоднородности ПП полигона.

Для проверки обоснованности границ между контурами, проанализированы графики основных геостатистических характеристик оптической яркости почвенной поверхности для каждого из использованных диапазонов сканирования (автокорреляционная функция, профиль яркостей, полувариограмма, график первой и второй производных), построенных по восьми линейным направлениям – трансектам. Так, рассмотрение графиков перечисленных выше характеристик для трансекта № 2, представленных для примера в таблице, позволил выявить периодическую составляющую в изменении оптических показателей почвенной поверхности в четвертом и пятом каналах съемки, что в целом, подтвердило корректность границ, полученных с использованием алгоритма

ISODATA. Рассмотрение подобных графиков для всех трансектов позволило, методом экспертной оценки, выбрать оптимальный вариант классификации изображения ПП полигона, созданного по методу ISODATA на уровне дискретизации 8 классов.

Этот вариант кластерной карты использован для планирования мест закладки почвенных разрезов и прикопок, необходимых для изучения вертикального строения отдельных элементов структуры ПП. В частности, по данным морфологического описания почвенных разрезов установлено, что ПП полигона представлен черноземом типичным малогумусным легкоглинистым на лессовидном суглинке (согласно национальной классификации почв Украины [27]).

Необходимо отметить, что картографирование полигона «Тишки 2» можно отнести к непростому случаю территориальной дискретизации ПП, при которой проводится выделение низших таксономических единиц, сложенного пахотными черноземами (латеральная неоднородность свойств которых во многом определяется систематическим сельскохозяйственным использованием). Диагностика и картографирование таких объектов, как правило, вызывает определенные сомнения даже у самых опытных почвоведов, в связи с недостаточной определенностью различий для выделения соседних контуров в ходе полевого обследования. Это определяется тем, что, во-первых, систематически близкие почвы отличаются меньшим количеством качественных или информативных почвенно-экологических показателей, во-вторых, использование каких-либо градационных шкал для их описания осложняется значительным пространственным варьированием диагностических признаков. Кроме этого, черноземы как результат гумусово-аккумулятивного типа почвообразования, обладают низкими оптическими характеристиками открытой почвенной поверхности во всех диапазонах сканирования и являются низко контрастными по данным космической съемки.

В этой связи, первым и определяющим этапом верификации и анализа результатов почвенного дешифрирования данных МСКС явился анализ данных по почвенным разрезам и прикопкам. Установлено, что наиболее крупные по площади классы почв, выделенные в процессе кластеризации, отличались по мощности гумусированной части профиля и глубине вскипания карбонатов. Так, первый класс представляет чернозем типичный малогумусный среднемощный высоковскипающий, третий – среднемощный, но обычный по глубине вскипания карбонатов, четвертый – маломощный и обычный по глубине вскипания карбонатов, седьмой – чернозем, выщелоченный и мало отличающийся от него чернозем мощный глубоковскипающий, восьмой – чернозем типичный мощный, глубоковскипающий.

Поскольку несколько классов почв малой площади не были опробованы как в результате точечного отбора почвенных проб, так и по данным почвенных разрезов, в ходе исследований было осуществлено пространственное моделирование ряда почвенных показателей. В частности, построение картограммы общего содержания гумуса в почвах полигона проведено с использованием эмпирического байесовского кригинга, который, как известно, позволяет учесть неопределенности, возникающие при построении вариограммы [28]. Результаты такого моделирования представлены на рис. 3.

Таблица
Результаты пространственного анализа изменений оптической яркости почвенной поверхности по трансекту № 2

№	Диапазоны сканирования	
	4 канал (0,630-0,680)	5 канал (0,845-0,885 мкм)
1	Профиль оптической яркости	
2	Коррелограмма	
3	Полувариограмма	

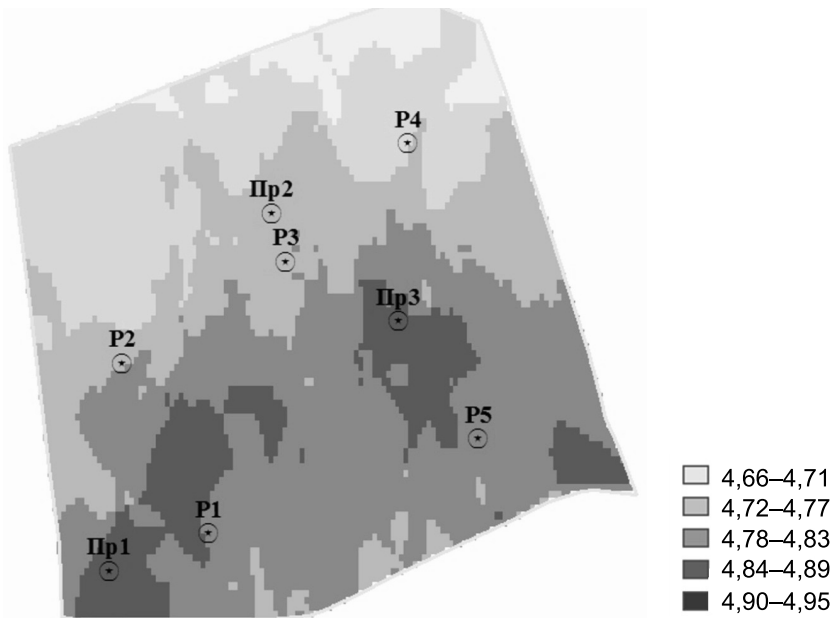


Рис. 3. Картограмма значений общего содержания гумуса на полигоне «Тишки 2» (в % от массы)

На основе полученной картограммы, в пределах каждого из выделенных классов проведен статистический анализ по показателю общего содержания гумуса, основные результаты которого графически представлены на рис. 4. Именно на основании этих данных решалась задача первичного анализа этого варианта кластерной карты для разделения элементов ПП в признаковом пространстве. В частности, анализ графика позволяет сделать вывод о сравнительной однородности пятого, седьмого и восьмого классов (центральное положение медианы в боксе). Значительно отличающимся от закона нормального распределения можно считать распределение общего содержания гумуса для первого, второго, третьего и шестого каналов. Также достаточно выраженной можно принять различимость между первым, третьим и восьмым классами (по значению медианы).

Результаты кластеризации данных МСКС сопоставлено также с картограммой уклонов почвенной поверхности (рис. 5). Такое сравнение показало четкую приуроченность третьего, четвертого и седьмого классов к склонам определенной крутизны и экспозиции. Так, седьмой и четвертый классы почв занимают верхнюю часть склона, характеризующуюся незначительными уклонами поверхности, что вполне согласуется с традиционными представлениями об условиях формирования выщелоченных или так называемых глубоко вскипающих черноземов в условиях левобережной Лесостепи. Интересно отметить, что классы почв, занимающие среднюю часть склона с более высокими значениями уклона поверхности, характеризовались и большей степенью варьирования используемого почвенного признака. И таким образом, можно предположить, что характер варьирования общего содержания гумуса (как прямого дешифрирующего признака ПП) является также одним из индикаторов отдельных элементов неоднородности ПП, их локализации в процессе итераций алгоритма кластерного анализа.

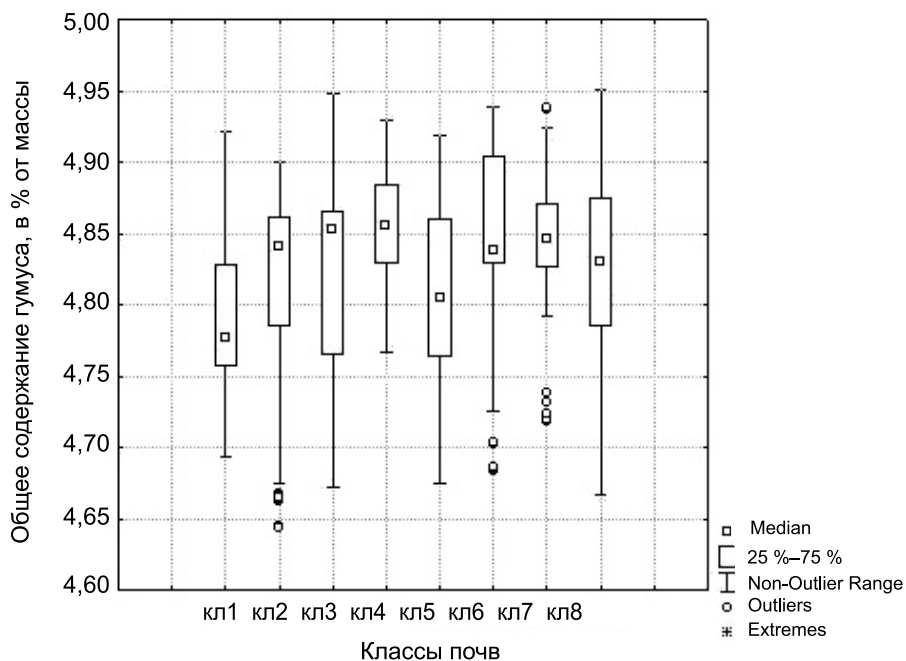


Рис. 4. Основные статистические показатели классов почв, выделенных по данным МКС



Рис. 5. Картограмма уклонов поверхности полигона «Тишки 2» с контурами классов почв

Геостатистический экспресс анализ всех определенных почвенных показателей (данные точечного отбора), с использованием глобального индекса Морана, подтвердил на явность неоднородности в ПП полигона лишь для микроагрегатного состава почв.

В целом же, проведенный анализ результатов дискретизации локальной структуры полигона «Тишки 2» показывает, что даже в условиях слабовыраженной изменчивости прямого дешифрирующего признака почв (числовые значения общего содержания гумуса в почве), кластеризация данных МСКС с использованием алгоритма ISODATA разделила ПП полигона на отдельные контура, отличающиеся по вертикальному строению почв, занимающие вполне определенное положение на склоне, с определенной дифференциацией по соляной экспозиции и крутизне, что вполне согласуется с положениями генетического почвоведения о принципах картографирования и диагностики почв.

ВЫВОДЫ

В результате научных обобщений и многолетнего опыта использования данных МСКС высокого пространственного разрешения для изучения почв сформирована система критериев и методических подходов для всестороннего анализа результатов дискретизации ПП на локальном территориальном уровне.

Подробно изложены этапы дешифрирования данных спутника Landsat 8 и отдельные процедуры экспертного анализа результатов цифрового картографирования ПП на примере одного из исследовательских полигонов в левобережной Лесостепи Украины.

Представленный анализ результатов дискретизации локальной структуры полигона показывает, что даже в условиях слабовыраженной изменчивости прямого дешифрирующего признака почв – общего содержания гумуса, кластеризация данных МСКС с использованием алгоритма ISODATA разделила ПП полигона на отдельные контура, отличающиеся по строению почвенного профиля и занимающие определенное положение на склоне, с дифференциацией по соляной экспозиции и крутизне, что вполне согласуется с положениями генетического почвоведения о принципах картографирования и диагностики почв.

Полученные результаты актуализируют необходимость усовершенствования методов экспертного оценивания результатов цифрового картографирования локальных структур ПП на основе широкого использования аппарата геостатистики, математического и информационного моделирования и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт, А.М. Картографический метод исследования / А.М. Берлянт. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 257 с.
2. Аковецкий, В.И. Дешифрирование снимков / В.И. Аковецкий. – М.: Недра, 1983. – 374 с.
3. Мышляков, С.Г. Дешифрирование и картографирование почв сельскохозяйственных земель по космическим снимкам сверхвысокого разрешения / С.Г. Мышляков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2009. – Т. 6, № 2. – С. 411–418.

4. Цифровая карта засоления почв Хакасии / Г.И. Черноусенко [и др.] // Почвоведение. – 2012. – № 11. – С. 1131–1138.
5. *Steven, M.D.* Applications of remote sensing in agriculture / M.D. Steven, J.A. Clark. – Elsevier, 2013. – 440 p.
6. *Kashyap, R.* Application of Remote Sensing in Soil Mapping: A Review [Электронный ресурс] / R. Kashyap, S. Borah, M. Chetia // Nort East Students Geo – Congress on Advances in Geotechnical Engineering (NES Geo-Congress 2013), 28 September 2013, Guwahat. – P. 60–66. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/309034749>.
7. *Elhag, M.* Evaluation of different soil salinity mapping using remote sensing techniques in arid ecosystems, Saudi Arabia [Электронный ресурс] / M. Elhag // Journal of Sensors. – Vol. 2016 (2016). – 8 p. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7596175>.
8. *Forkuor, G.* High resolution mapping of soil properties using remote sensing variables in South-Western Burkina Faso: a comparison of machine learning and multiple linear regression models [Электронный ресурс] / G. Forkuor, O.K.L. Hounkpatin, G. Welp, M. Thiel // Journal PLoS One. – 2017; 12(1). – Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170478>.
9. *Werban, U.* Digital Soil Mapping: Approaches to Integrate Sensing Techniques to the Prediction of Key Soil Properties [Электронный ресурс] / U. Werban, H. Bartholomeus, P. Dietrich, G. Grandjean, S. Zacharias // Vadose Zone J. – Режим доступа: <http://vzj.geoscienceworld.org/content/12/4/vzj2013.10.0178>.
10. *Шатохин, А.В.* Сопряженное изучение черноземов Донбасса наземными и дистанционными методами [Текст] / А. В. Шатохин, М.А. Лындин // Почвоведение. – 2001. – № 9. – С. 1037–1044.
11. *Ачасов, А.Б.* Деякі аспекти картографування чорноземів з використанням матеріалів космічного зондування / А.Б. Ачасов, С.Р. Трускавецький, М.М. Гічка // Генеза, географія та екологія ґрунтів : зб. наук. праць Львівського нац. ун-ту. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. – С. 11–16.
12. *Биндич, Т.Ю.* Аналіз інформативності даних багатоспектрального сканування для ґрунтознавчих досліджень / Т.Ю. Биндич // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного ун-ту. – 2007. – Вип. 15, Т. 1. – С. 114–118.
13. *Трускавецький, С.Р.* Верифікації електронних карт ґрунтів, створених на основі космічної зйомки / С.Р. Трускавецький // Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. праць Львівського нац. ун-ту. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. – С. 567–573.
14. *Трускавецький, С.Р.* Катенний метод верифікації електронних карт ґрунтів / С.Р. Трускавецький // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2009. – Вип. 72. – С. 35–39.
15. *Биндич, Т.Ю.* Досвід аналізу результатів числової таксономії даних космічної зйомки для великомасштабного картографування ґрунтів / Т.Ю. Биндич // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2011. – Вип. 76. – С. 80–89.
16. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. – К.: Изд-во Киевского ун-та, 1968. – 683 с.
17. Почвенная съемка: руководство по полевым исследованиям и картированию почв / отв. ред. акад. И.В. Тюрин [и др.]. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1959. – 346 с.

18. *Аринушкина, Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – 491 с.
19. *Гуревич, Б.Л.* Географическая дифференциация и ее меры в дискретной схеме / Б.Л. Гуревич // Вопросы географии. – 1968. – № 67. – С. 15–43.
20. *Сорокина, Н.П.* Пространственно-типологический подход в почвенной картографии / Н.П. Сорокина // Масштабные эффекты при исследовании почв. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – С. 114–126.
21. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ. / Дж.-О. Ким [и др.]; под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
22. Составление и использование детальных почвенных карт: методические рекомендации / под ред. В.М. Фридланда. – М.: изд-во почв. ин-та, 1977. – 52 с.
23. *Матерон, Ж.* Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. – М.: Мир, 1968. – 408 с.
24. *Нутенко, Л.Я.* Меры качества схем членения территории / Л.Я. Нутенко // Вопросы географии. – 1971. – Вып. 88. – С. 119–136.
25. *Геренчук, К.І.* Польові географічні дослідження: навч. посіб. для студ. геогр. спец. ун-тів і пед. ін-тів / К.І. Геренчук, Е.М. Раковська, О.Г. Топчієв. – К.: Вища школа, 1975. – 248 с.
26. *Викторов, А.С.* Рисунок ландшафта / А.С. Викторов. – М.: Мысль, 1986. – 179 с.
27. Полевой определитель почв / под ред. Н.И. Полупана, Б.С. Носко, В.П. Кузьмичева. – К.: Урожай, 1981. – 320 с.
28. *Самсонова, В.П.* Использование эмпирического байесовского кригинга для выявления неоднородностей распределения органического углерода на сельскохозяйственных землях / В.П. Самсонова, Ю.Н. Благовещенский, Ю.Л. Мешалкина // Почвоведение. – 2017. – № 3. – С. 321–328.

THE MAIN ASPECTS OF THE ANALYSIS OF DIGITAL SOIL MAPPING RESULTS ACCORDING TO SPACE SURVEY DATA

T.Yu. Byndych

Summary

The article summarizes the main aspects of the analysis of digital soil maps obtained by decoding of satellite imagery data. Multi-spectral data from the Landsat 8 satellite are used for mapping and parametric description of chernozem soils in the Forest-steppe province of Ukraine: 1) to delineate soil mapping units and evaluate their spatial structure; 2) to realize quantitative estimate of the main properties of chernozem using geostatistics and multi-dimensional data processing. Comparison of the field description of soil profiles and the soil classes demonstrated the efficacy of ISODATA cluster analysis for determining different elements of the soil cover at the local territorial level. Maps of humus content, created by empirical bayesian kriging, enabled parameterisation of chernozem and further detailed analysis of the structure of humus scalar field.

Поступила 20.10.17

ДИНАМИКА КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В УСЛОВИЯХ ЕГО ЭКСТЕНСИВНОГО, ИНТЕНСИВНОГО И ПОСТИНТЕНСИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.А. Христенко, А.В. Ревтье-Уварова, Ю.А. Голота

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

ВВЕДЕНИЕ

Актуальным и дискуссионным вопросом, несмотря на многолетнюю историю его изучения, остается определение закономерностей сезонной и многолетней динамики (направленность процессов и параметры изменений показателей) трофического, в том числе и калийного, состояния пахотных почв.

В научной литературе при характеристике изменений питательного режима можно встретить взаимоисключающие подходы. Наряду с доминирующей концепцией постоянного «истощения» и «необратимой деградации» пахотных почв, за счет постепенного снижения в них запасов доступных для растений питательных веществ, существуют представления о возможности самопроизвольного повышения содержания элементов питания в почве в условиях их резко отрицательного баланса [1, 2]. Так, например, повышение влагообеспеченности почв под влиянием их орошения, или повышения количества осадков, способствует улучшению трофического состояния почв [3, 4].

Ответ на данный вопрос имеет существенное теоретическое значение, поскольку наличие или, наоборот, отсутствие динамики природных соединений питательных веществ меняет представление о состоянии плодородия почв. Не менее важно это и в практическом отношении, поскольку дает возможность усовершенствовать методологические подходы в определении содержания тех или иных элементов питания, что служит основой для разработки системы применения удобрений.

Цель работы – определение динамики калийного состояния почв Лесостепной и Степной зон Украины на примере чернозема типичного тяжелосуглинистого при разных условиях его использования.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Харьковская область занимает северо-восточную часть Украины и на территории двух природных зон: Лесостепной (северо-западная и северная части области) и Степной (юго-восточная и южная части). Область характеризуется значительной пестротой и включает почвы как оподзоленного ряда (светло-серые, серые, темно-серые оподзоленные, черноземы оподзоленные), так и дернового типа почвообразования (черноземно-луговые, черноземы типичные и обыкновенные).

В качестве объекта исследований использован стационарный полевой опыт, заложенный в 1969–1970 годах, который расположен в пределах опытного поля

«Граковское» ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» (Харьковский район, Харьковская область, Украина). Географические координаты: широта 49°46' с.ш., 39°40' в.д. Высота над уровнем моря – 152,5 м.

Почвенный покров территории представлен черноземом типичным тяжело-суглинистым, который до закладки опыта находился более 40 лет в состоянии залежи. Схема и методика проведения опыта изложена в работе [5].

Калийный статус исследуемого чернозема соответствует характеристикам почв Лесостепной и Степной зон Украины (табл. 1).

Химические анализы проводились в соответствии с действующими нормативными документами Украины. В почвенных образцах определяли: подвижные соединения калия по модифицированному методу Чирикова (ДСТУ 4115-2002, а также ГОСТ 26204-91) и по методу Дашевского (ДСТУ 7603:2014), гранулометрический состав почвы – методом пипетки в модификации Качинского (ДСТУ 4730:2007). Статистическую обработку результатов анализов осуществляли с помощью программы STATISTICA.

Таблица 1

Содержание и формы калия в пахотном слое пахотных почв Лесостепной и Степной зон Украины (фрагмент таблицы) [8]

Почва	Валовой калий, %	Легкорастворимый	Обменный	Необменно-фиксированный
		мг/кг почвы		
Темно-серая оподзоленная среднесуглинистая	2,24	11	91	1727
Чернозем оподзоленный среднесуглинистый	2,17	9	184	2429
Чернозем типичный среднесуглинистый	2,15	9	143	2110
Чернозем обыкновенный легкоглинистый	2,23	12	280	2659
Чернозем южный легкоглинистый	2,19	14	285	2500

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика калийного уровня экстенсивно используемой пашни. Исходное содержание подвижного калия, определенное методом Чирикова, составляло 75–85 мг K_2O /кг почвы, по методу Дашевского – 6–10 мг K_2O /кг почвы. Статистическая обработка данных, полученных за 45 лет ведения опыта, показывает, что на фоне отсутствия внесения калийных удобрений, которые служат основным источником пополнения, содержание калия в пахотном слое почвы не снижается, как ожидалось, а, наоборот, постепенно повышается, в среднем на 3,1 мг K_2O /кг почвы каждые 10 лет.

Данное повышение содержания подвижного калия объясняется особенностями, которые сопровождают длительное ведение полевого опыта (на площади 11,4 га расположено 1080 делянок), что необходимо учитывать при анализе и обработке полученных результатов, чтобы не прийти к ошибочным выводам за счет искусственного завышения данных.

Основной причиной завышения в условиях длительного полевого опыта является фактор, известный в литературе как «загрязнение» почв. Суть данного явления заключается в постепенном механическом переносе с удобренных на

неудобренные делянки остаточных соединений фосфора или калия во время обработки почвы. Это положение подтверждается отсутствием существенных колебаний на протяжении 45 лет в содержании подвижного калия в почве крайней защитной полосы шириной 14 м, куда попадание удобрений исключается. На фоне резко отрицательного баланса калия (более чем – 4000 кг $K_2O/га$), содержание его подвижных форм составляет 80 мг $K_2O/кг$ почвы, определенное по методу Чирикова согласно ГОСТ 26204 или 60 мг по ДСТУ 4115, по методу Дашевского – 10 мг $K_2O/кг$ почвы.

Различия в результатах, полученных с использованием метода Чирикова, но в разных модификациях по ГОСТ и ДСТУ, объясняются применением в стандарте Украины поправки на влияние гранулометрического состава почв, от которого, как известно, зависит количество термодинамически устойчивых фосфорсодержащих соединений типа апатита или калийсодержащих соединений типа полевых шпатов и трехслойных алюмосиликатов. Макроэлемент, входящий в кристаллическую решетку минералов, по факту не доступен растениям, но в процессе химического анализа может частично экстрагироваться растворами сильных кислот или щелочей, что искажает результаты определения подвижных форм элементов питания, непосредственно доступных растениям [6, 7]. Установленные закономерности влияния гранулометрического состава на результаты измерений содержания подвижного калия, определенные по методу Чирикова, в значительной степени, применимы и для других безкарбонатных почв на лессовых породах данных почвенно-климатических зон.

В исследуемом черноземе типичном содержание физической глины (фракция менее 0,01 мм) составляет 50–52 %, для которого, в соответствии с ДСТУ 4115, используется значение нормы ошибки +20 мг/кг почвы.

Для установления сезонной динамики подвижных соединений калия проведены пятилетние исследования на территории стационарного полевого опыта, где минеральные удобрения не вносились, и отсутствовала возможность их перемещения с соседних опытных делянок. Образцы почвы отбирались из зафиксированных точек три раза за сезон: весной, летом и осенью. К концу вегетации наблюдалась тенденция (r : – 0,26) к снижению содержания K_2O , что можно объяснить различиями в температуре воздуха, во влажности и скорости высыхания образцов почвы, которые влияют на количество K_2O экстрагируемых в процессе проведения химического анализа. Во избежание этого влияния и с целью соблюдения принципа единого различия, химический анализ образцов почв трех сроков отбора, проводился одновременно, что подтверждает положение относительно отсутствия статистически достоверной сезонной динамики в содержании подвижных соединений калия.

Дискуссионным вопросом является возможность увеличения содержания питательных веществ в экстенсивно используемой пашне под воздействием природных факторов, в частности, таких как гидротермические условия территории.

Погодные условия ГП ОХ «Граковское» отличаются от средних многолетних показателей (табл. 2) температуры воздуха и количества осадков. За годы проведения опыта в период с мая по сентябрь средняя температура колебалась от 19,3 °С в 2013 г. до 21,7 °С в 2010 г., минимальное количество осадков 195 мм зафиксировано в 2012 г., максимальное – 335 мм в 2013 г. Соответственно различия наблюдаются и по месяцам. На фоне средней многолетней температуры воздуха в

мае +14,6 °С и количестве осадков – 48 мм, в мае 2011 г. она достигала + 17,6 °С, в мае 2014 г. – + 20,4 °С, количество осадков в этом месяце варьировало от 28 мм в 2011 г. до 42 мм в 2012 г.

Таблица 2

Средние многолетние данные температуры воздуха и количества осадков за вегетационный период

Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
<i>Средняя температура воздуха, °С</i>				
14,6	17,9	20,2	19,0	14,5
<i>Среднее количество осадков, мм</i>				
48	69	59	55	34

Учитывая значительную динамику гидротермических показателей в пятилетнем цикле, существенного влияния на изменение содержания подвижного калия за этот период не происходит, что подтверждается отсутствием корреляционной связи ($r : - 0,26$). Следовательно, при условии экстенсивного использования пашни без применения калийных удобрений фактически исключается возможность увеличения содержания подвижных форм калия, а состояние калийного фонда почвы можно идентифицировать как относительно стабильное, поскольку между формами калия в почве устанавливается динамическое равновесие. Используемый культурными растениями и вынесенный с урожаем калий в ионном, доступном для растений виде, компенсируется за счет необменных форм валового калия почвы.

Вместе с тем были зафиксированы значительные колебания содержания калия в отдельные годы, основной причиной изменений которых, при изучении закономерностей многолетней динамики, с нашей точки зрения, может быть несоблюдение принципа единственного различия при ежегодном проведении химического анализа. На результаты анализа влияет ряд факторов, среди которых температурный режим в лаборатории, умения и навыки аналитика, отличия в амплитуде колебаний ротатора, качество химических реактивов, особенно, изменение соотношения газовой-воздушной смеси, поступающей на пламенный фотометр и зависящее от колебаний давления магистрального газа. Поэтому, для достоверного и объективного установления закономерностей многолетней динамики почвенных параметров необходимо контролировать и регулировать условия проведения аналитических работ.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно утверждать, что экстенсивно используемые пахотные почвы способны в течение неопределенно длительного времени поддерживать устойчивый, но относительно невысокий уровень плодородия, о чем свидетельствует также и многовековая практика земледелия. Исследуемый чернозем типичный тяжелосуглинистый в данных условиях землепользования, характеризуется средним уровнем обеспеченности подвижным калием. Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур на всех ранее удобренных почвах необходимо вносить калийные удобрения, которыми на черноземных почвах пренебрегают.

Динамика калийного уровня интенсивно используемой пашни. В условиях систематического применения удобрений интенсивность накопления остаточных соединений калия в почвах определяется величиной доз удобрений и грануло-

метрическим составом почв. При этом, чем выше доза удобрения и чем меньше содержание физической глины, тем интенсивнее идет процесс накопления калия в почвах.

Максимальное количество минеральных удобрений было внесено за годы «интенсивной химизации» (1966–1990 гг.), в результате применения которых установлено, что для сдвига содержания подвижного калия на 10 мг/кг почвы, в среднем требуется 1173 кг/га калия (табл. 3). При стоимости 100 кг действующего вещества калийных удобрений около 30 долларов, повышение содержания K_2O на 10 мг/кг почвы будет стоить около 350 долларов.

Таблица 3

Затраты удобрений и денежных средств для сдвига средневзвешенного содержания подвижного калия в почвах Украины за 1966–1990 гг.

Внесено удобрений за период 1966–1990 гг., кг/га	Повышение содержания K_2O , мг/кг почвы	Затраты для сдвига K_2O на 1 мг/кг почвы	
		удобрений, кг/га д.в.	средств на 1 га, \$
1759	15	117	350

Основываясь на многолетних результатах стационарного полевого опыта, при внесении среднегодовой дозы K_{100} , выявлен линейный характер зависимости (при коэффициенте корреляции $r = 0,78$), который описывается уравнением:

$$C_{K_2O} = 8,31 + 0,0024D, \quad (1)$$

где C_K – содержание K_2O по Чирикову, мг/100 г почвы; D – суммарная доза K_2O , кг/га.

Согласно полученному уравнению, внесение в почву 100 кг K_2O /га приводит к повышению подвижного калия в почве на 2,4 мг/кг почвы. Исходя из этого, для увеличения его содержания на 10 мг/кг почвы в условиях длительного полевого опыта понадобилось внести в почву с удобрениями 417 кг K_2O /га. На основании этого, где минимальное повышение калийного уровня, требует существенных материальных затрат, без внесения калийных удобрений фактически исключается возможность самопроизвольной сезонной или многолетней положительной динамики.

Таким образом, на черноземе типичном тяжелосуглинистом стационарного опыта, вследствие отсутствия потерь удобрений на разных этапах внесения и усовершенствованной методики исследований, затраты на увеличение содержания подвижного калия на 10 мг/кг почвы являются в 2,8 раз меньше, чем в целом по Украине, но все же остаются достаточно высокими. Учитывая экономическую составляющую, нецелесообразным является ориентация на улучшение калийного режима почв. Основные усилия необходимо направить на разработку приемов и способов повышения экономической эффективности применения удобрений.

Динамика содержания остаточных соединений калия удобрений в почвах после прекращения их внесения. Внесение удобрений переводит калийную систему почвы в энергетически невыгодное неравновесное состояние. После прекращения антропогенного воздействия, содержание подвижных питательных веществ в почве, в том числе калия, согласно второму закону термодинамики, будет снижаться до исходного уровня (рис.). Одним из ключевых факторов, определяющих длительность этого процесса, является количество остаточных соединений калия удобрений в почве.

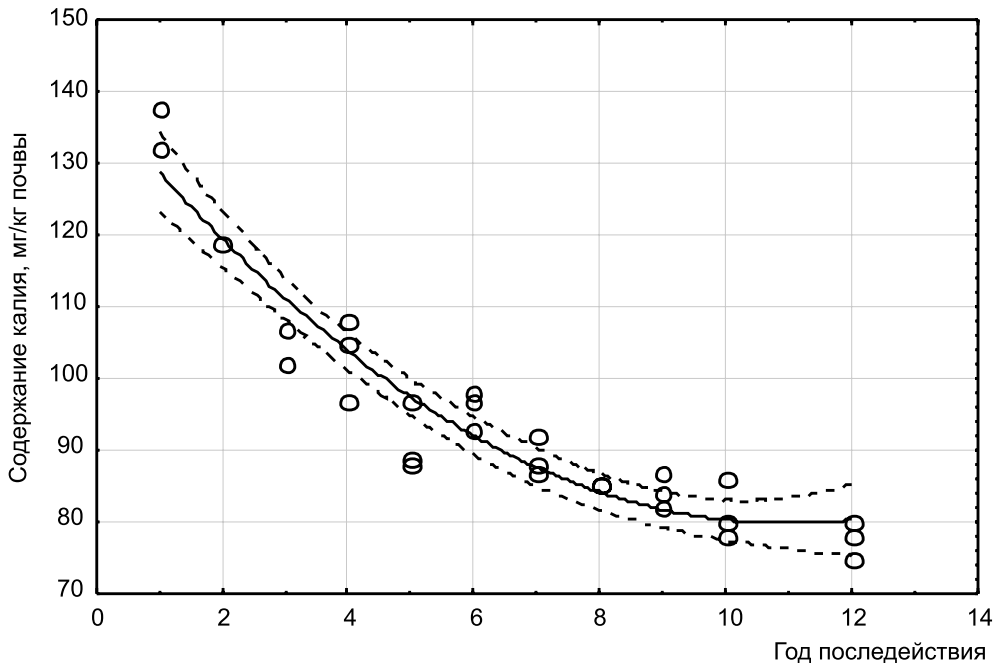


Рис. Динамика снижения содержания остаточного калия удобрений в пахотном слое почвы, определенного по ГОСТ 26204, после прекращения их внесения (фон K_{1800})

С целью определения динамики содержания подвижного калия после прекращения внесения удобрений, обобщены и обработаны данные полевого опыта, где искусственно созданы в 1969–1970 гг. агрохимические фона трех уровней обеспеченности почв калием – средний, повышенный и высокий (внесено K_{800} , K_{1200} и K_{1800} соответственно). Полученные уравнения регрессии характеризуют процесс снижения содержания подвижного калия после прекращения внесения удобрений:

$$K_{400} = 10,66 - 1,00T + 0,088T^2, \quad r = 0,73; \quad (2)$$

$$K_{800} = 11,92 - 1,32T + 0,112T^2, \quad r = 0,74; \quad (3)$$

$$K_{1200} = 13,93 - 1,09T + 0,05T^2, \quad r = 0,78, \quad (4)$$

где $K_{(800, 1200, 1800)}$ – содержание K_2O по Чирикову, мг/100 г почвы; T – годы последействия удобрений.

Установлено, что интенсивность снижения содержания остаточного калия с увеличением суммарной дозы удобрений, за первые три года после их внесения, возрастает – с 5,6 до 8,4 мг K_2O /кг почвы (табл. 4). В дальнейшем этот процесс замедляется, к концу исследуемого цикла выравнивается и составляет 3,8–4,4 мг K_2O /кг почвы.

Основываясь на эмпирических данных, предлагаем за уровень динамического равновесия калийной системы принимать значение 80 мг K_2O /кг почвы определен-

ное по методу Чирикова согласно ГОСТ 26204 или 60 мг по ДСТУ 4115, которая за счет запасов валового калия способна в течение неопределенно длительного времени поддерживать уровень, соответствующий уровню динамического равновесия. Исходя из этого, дальнейшее существенное повышение или снижение содержания K_2O в условиях экстенсивного использования почвы маловероятно.

Таблица 4

Содержание подвижного калия в пахотном слое чернозема типичного после прекращения внесения удобрений

Агрохимический фон	Длительность цикла, годы	Среднегодовое падение содержания калия, мг K_2O /кг почвы	
		за первые 3 года	за весь цикл
K_{800}	4–5	5,6	3,8
K_{1200}	6–7	7,6	3,6
K_{1800}	10–11	8,4	4,4

ВЫВОДЫ

Для получения объективной и репрезентативной информации относительно изменений параметров почвенных показателей в сезонной, особенно, многолетней динамике, необходимо учитывать ряд факторов, которые могут завышать или занижать полученные результаты. При ведении длительных полевых опытов с применением удобрений искажение результатов возможно за счет постепенного механического переноса с удобренных на неудобренные участки остаточных соединений фосфора или калия во время обработки почвы.

При проведении аналитических работ, как и при ведении полевых опытов, необходимо по максимуму соблюдать принцип единого отличия. При исследовании сезонной динамики содержания подвижных соединений калия рекомендуем проводить химический анализ образцов почв всех сроков отбора одновременно. При установлении закономерностей многолетней динамики необходимо контролировать и регулировать условия проведения анализа, в частности температурный режим в лаборатории, умения и навыки аналитика, отличия в амплитуде колебаний ротатора, качество химических реактивов, изменение соотношения газовой-воздушной смеси, поступающей на пламенный фотометр.

Экстенсивно используемые пахотные почвы за счет запасов валового калия способны в течение неопределенно длительного времени поддерживать устойчивый, но относительно невысокий уровень плодородия. Повышение содержания подвижного калия в почве возможно лишь при внесении калийных или калийсодержащих удобрений. За счет внешних природных факторов, например, таких как гидротермические условия территории, эта возможность фактически исключается. Для увеличения содержания калия в черноземе типичном тяжелосуглинистом на 10 мг/кг необходимо внести в почву с удобрениями 417 кг K_2O /га.

После прекращения внесения калийных удобрений содержание калия в почве снижается до исходного уровня. Для чернозема типичного тяжелосуглинистого уровень динамического равновесия калийной системы характеризуется содержанием подвижных форм калия в пределах 60 мг K_2O /кг почвы, определенным по методу Чирикова согласно ДСТУ 4115 или 80 мг по ГОСТ 26204.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шафран, С.А.* Динамика применения удобрений и плодородие почв / С.А. Шафран // *Агрохимия*. – 2004. – № 1. – С. 9–17.
2. Динаміка показників родючості чорнозему типового малогумусного середнь-осуглинкового / В.М. Мартиненко [та інш.] // *Охорона родючості ґрунтів*. – Київ: Аграрна наука, 2004. – Вип. 1. – С. 159–165.
3. *Кисель, В.Д.* Агрохимическая характеристика черноземов и каштановых почв степи / В.Д. Кисель // *Агрохимическая характеристика почв СССР. Украинская ССР*. – М.: Наука, 1977. – С. 227–246.
4. *Носко, Б.С.* До питання про зрівноважений стан фосфатного режиму ґрунтів / Б.С. Носко // *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. тематичн. наук. зб. Спец. випуск до VII з'їзду УТГА*. – Х., 2006. – Кн. 1. – С. 103–109.
5. *Носко, Б.С.* К вопросу об использовании искусственных агрохимических фонов при изучении эффективности удобрений / Б.С. Носко // *Агрохимия*. – 1975. – № 6. – С. 76–82.
6. *Прокошев, В.В.* Теоретические и практические аспекты исследования некоторых методов определения калия в почве / В.В. Прокошев, В.В. Носов // *Почва – удобрение – плодородие*. – Минск: БелНИИПА, 2000. – С. 92–98.
7. *Христенко, А.А.* Использование национальных стандартов для диагностики азотного, фосфатного и калийного состояния почв Украины / А.А. Христенко // *Агрохимия*. – 2014. – № 7. – С. 75–83.
8. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т. 2. Продуктивность почв, пути ее повышения, мелиорация, защита почв от эрозии и управление плодородием / под ред. Б.С. Носко, В.В. Медведева, Р.С. Трускавецкого, Г.Я. Чесняка. – К.: Урожай, 1988. – 76 с.

DYNAMICS OF POTASSIUM STATE OF A CHERNOZEM TYPICAL UNDER CONDITIONS OF ITS EXTENSIVE, INTENSIVE AND POST-INTENSIVE USE

A.A. Khristenko, A.V. Revtie-Uvarova, Yu.A. Golota

Summary

The study determines the influence of the type of use of arable soils on the dynamics of content of mobile potassium forms. Extensively used chernozem, being typical heavy loamy due to a high content of potassium, is able to maintain a stable, but relatively low level of available potassium in soil for a long time. It is proved that an increase of the content of available potassium in soil is possible only when potassium and potassium-containing fertilizers are used. To increase the content of K_2O by 10 mg/kg it is necessary to apply 417 kg of K_2O/ha fertilizers. After stopping the use of potassium fertilizers the content of potassium in soil is reduced to the initial level. For heavy loamy typical chernozems the level of dynamic equilibrium of the potassium system is characterized by the content potassium mobile forms within the limits of 60 mg K_2O/kg of soil, determined by the Chirikov method according to DSTU 4115 or 80 mg according to GOST 26204.

Поступила 26.09.17

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ОТРАСЛЕВОГО СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА СОСТАВА (АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ) ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

И.А. Прохорова

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

ВВЕДЕНИЕ

Анализ положения дел по вопросам создания стандартных образцов показал, что в Украине стандартные образцы состава почв производят и внедряют два учреждения: ГУ «Институт охраны почв Украины» и Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», как Центр Государственной службы стандартных образцов почв (Центр ГССО почв). Согласно ГСТУ 46.005 [1] под определением стандартный образец (СО) состава или свойств вещества (материала) понимают средство измерений в виде соответствующего количества вещества или материала, предназначенного для воспроизведения и хранения размерных величин, характеризующих состав или свойства этого вещества (материала). Значения данных величин установлены в результате метрологической аттестации, и используются для передачи размерных величин при поверке, калибровке, градуировке средств измерительной техники (СИТ). Также они используются для аттестации МСИ и утвержден действующим порядком как стандартный образец. В международной практике, для оценки качества выполнения измерений главным критерием качества работы измерительных лабораторий является, именно их способность обеспечить прослеживаемость единиц, измеряемых величин к эталонам определенного уровня признания. Поскольку, в почвоведении и агрохимии используется исключительно метод зависимых измерений (с учетом специфики объекта исследований), лаборатории могут обеспечивать прослеживаемость только к стандартизированным методам измерений, что, является вполне приемлемым.

Одним из основных аспектов международного и европейского подходов при проведении метрологического контроля работ, является определение требований к аналитическим лабораториям, приборам, исполнительным кадрам и строгая ответственность за достоверность полученной информации. Внешний контроль качества работ в лаборатории, в том числе, межлабораторный метрологический контроль результатов измерений, должен проходить при участии признанных координаторов или экспертных организаций. Внутренний контроль – основан на проведении оперативного контроля, точности результатов анализа, оценке подконтрольности процедуры выполнения измерений, контроле стабильности градуировочных графиков, правильном внедрении новых методик и проверке адекватности процесса измерений. В целях контроля точности (повторяемости, воспроизводимости) измерений, аналитические лаборатории используют стандартные образцы, в качестве которых могут выступать государственные (ГСО), отрасле-

вые (ОСО) и стандартные образцы предприятий (СОП). Применение стандартных образцов (СО) способствует правильности полученных результатов аналитического контроля и сокращению затрат на подобный контроль по сравнению с традиционными методами. Специфика анализа вещества требует особого подхода для этой, широко распространенной, области измерений. В последние годы обширно развивается новое направление в аналитических исследованиях: метрология анализа веществ и материалов. Исследования в указанном направлении представляют сегодня актуальную задачу аналитической химии и выполняются в ряде организаций нашей страны и за рубежом [2,3]. Один из важных разделов метрологии анализа вещества и материалов связан с разработкой системы метрологического обеспечения измерений. Сложность разработки метрологического обеспечения этого вида измерений связано, с тем, что методики выполнения измерений и применяемые средства измерений зависят от вида и характера исследуемого материала. Поэтому наиболее эффективным средством метрологического обеспечения в данном случае оказываются стандартные образцы состава, как специфические средства измерений, наиболее полно отражающие объекты исследования [4]. Нормативно-технические документы (ГОСТ-8.315, ГОСТ-8.316-78), регламентируют назначение, классификацию, порядок исследования, аттестацию и применение стандартных образцов. Эти документы, также, определяют основные этапы разработки и исследования СО, не раскрывая конкретное их содержание. В то же время опыт создания СО различных типов агрохимического состава показывает, что для всех типов стандартных образцов, несмотря на их различие, можно выделить ряд общих моментов, которые могли бы быть стандартизованы. Необходимость стандартизации отдельных этапов разработки и исследования СО, вызывается, прежде всего, тем, что СО как образцовые средства измерений должны соответствовать четко определенным требованиям, вытекающим из их функционального назначения, обеспечения единства и требуемой точности анализа.

Цель нашей работы – обосновать методические подходы для гомогенизации почвенного материала чернозема типичного, определению показателей однородности, процедуры метрологической аттестации, определению показателей стабильности, установления срока их годности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве материала использовали кандидат-материал на отраслевой стандартный образец (ОСО) чернозема типичного. Образец почвенного материала готовили следующим образом: почвенную массу чернозема типичного, отобранную в поле из слоя 0–30 см, высушивали в помещении ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского», равномерно распределив на столе, покрытой прочной полиэтиленовой пленкой, которая защищает от загрязнения. Высушенный почвенный материал был раздроблен до частиц размером 1 мм. Гомогенизацию материала выполняли путем его принудительного перемешивания на круглом столе, который вращается со скоростью 3–4 оборота в минуту. Материал набирали из мешков пластмассовыми совками 2 работника и равномерно высыпали порциями примерно по 1 кг на вращающийся стол от середины к краям. Весь процесс загрузки и разгрузки стола – 1 цикл гомогенизации. Всего было выполнено 10 циклов.

Разрабатываемый СО состава агрохимических свойств чернозема типичного, согласно действующим (стандартизированным или аттестованным) методикам выполнения измерений, предназначенный для контроля точности результатов измерений ряда агрохимических показателей черноземов типичных, черноземов оподзоленных, черноземов обыкновенных в измерительных лабораториях учреждений Национальной академии аграрных наук Украины и ГУ «Институт охраны почв Украины» Минагрополитики Украины и его филиалов (всего около 50 лабораторий). Работы по разработке и изготовлению стандартного образца состава агрохимических свойств чернозема типичного выполнено в Национальном научном центре «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского».

Объектом исследований выступает материал-кандидат на отраслевой стандартный образец чернозема типичного по агрохимическим показателям (подвижные соединения фосфора, калия, рН солевой вытяжки, гидролитической кислотности, массовая доля органического вещества, массовая доля (лабильная) органического вещества и обменных кальция и магния).

Методы исследований – в работе использовали системный подход к разработке прикладных аспектов создания стандартных образцов состава почв; сравнительный анализ – для аргументации преимуществ использования определенных подходов к определению гомогенности стандартного образца, стабильности его метрологических характеристик во времени и т.д.; программный метод – для обоснования методических подходов взаимосвязанных процедур создания стандартного образца. Применены методы статистической обработки результатов исследований на ПЭВМ, с использованием пакетов программ, в соответствии с установленными требованиями и способами обработки первичных материалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Материал стандартного образца расфасовали в банки вместимостью 500 см³ непосредственно после гомогенизации, которые соответствуют требованиям к таре для стандартных образцов состава почвы, на которые наклеены соответствующие этикетки. Материал фасовали мерной ложкой, емкость которой соответствует массе экземпляра СО (500 г). После расфасовки, методом случайных чисел были выбраны 11 экземпляров стандартного образца для оценки показателей однородности почвенного материала.

Показатели однородности материала чернозема типичного устанавливали по ГОСТ 8.531 «ГСИ. Стандартные образцы состава монолитных и дисперсных материалов. Способы оценки однородности». Измерения для оценки однородности материала-кандидата на СО состава (агрохимических показателей) чернозема типичного выполняли в лаборатории инструментальных методов исследований почв ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского».

Вычисления экспериментальных значений характеристик неоднородности выполнены по результатам измерений для выборки из 11 проб 8 параллельных измерений.

В табл. 1 и 2 приведены вычисления характеристик однородности по элементам-индикаторам для массовой доли подвижных соединений фосфора и калия в материале-кандидате на СО состава агрохимических показателей чернозема типичного.

Таблица 1

Расчет характеристик однородности для массовой доли подвижных соединений фосфора и калия в материале-кандидате на ОСО состава агрохимических показателей чернозема типичного

Номер пробы, n	Номер результата							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Результаты измерений массовой доли подвижных соединений фосфора, мг / кг</i>								
1	80,15	80,15	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87
2	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	88,73
3	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	88,73	83,01	85,87
4	85,87	85,87	83,01	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87
5	85,87	85,87	83,01	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87
6	83,01	85,87	85,87	83,01	83,01	83,01	85,87	85,87
7	85,87	85,87	85,87	85,87	88,73	85,87	85,87	85,87
8	88,73	85,87	85,87	88,73	85,87	85,87	85,87	85,87
9	85,87	85,87	85,87	85,87	83,01	85,87	85,87	85,87
10	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	88,73	88,73
11	91,60	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87	85,87
<i>Результаты измерений массовой доли подвижных соединений калия, мг/кг</i>								
1	138,46	138,46	135,45	135,45	135,45	138,46	135,45	132,44
2	132,44	129,43	132,44	132,44	135,45	132,44	132,44	129,43
3	138,46	129,43	129,43	129,43	129,43	126,42	129,43	132,44
4	129,43	126,42	129,43	129,43	126,42	129,43	126,42	129,43
5	126,42	126,42	129,43	126,42	126,42	126,42	129,43	126,42
6	126,42	126,42	126,42	126,42	126,42	129,43	129,43	129,43
7	126,42	126,42	129,43	126,42	129,43	129,43	126,42	126,42
8	126,42	126,42	126,42	126,42	129,43	126,42	126,42	126,42
9	126,42	126,42	126,42	129,43	126,42	129,43	132,44	126,42
10	129,43	126,42	126,42	129,43	129,43	126,42	129,43	126,42
11	126,42	129,43	129,43	126,42	126,42	126,42	129,43	126,42

Таблица 2

Показатели однородности чернозема типичного по содержанию элементов-индикаторов (подвижных соединений калия и фосфора)

Тип почвы	P ₂ O ₅			K ₂ O		
	S _n [*] , мг/кг	δ, %	δ _{доп} ^{**} , %	S _n , мг/кг	δ, %	δ _{доп} , %
Чернозем типичный	1,28	1,55	2,4	1,28	0,98	2,0

* Обозначение по ДСТУ ГОСТ 8.531.

** Предельно допустимое значение погрешности от неоднородности.

Характеристику однородности оценивали по формуле:

$$S_n = [(SS_n - SS_B) \cdot (M_0/M)/J]^{1/2}. \quad (1)$$

По результатам вычисления характеристик однородности материала-кандидата на ОСО состава агрохимических показателей чернозема типичного по элементам-индикаторам можно считать, что материал является однородным.

На этапе межлабораторной аттестации в работе участвовало 16 измерительных лабораторий филиалов ГУ «Институт охраны почв Украины», геолого-мелиоративные партии и геолого-мелиоративные экспедиции. В каждую лабораторию был отправлен экземпляр материала-кандидата на ОСО чернозема типичного, для которого предусматривалась аттестация; программа и методика аттестации (в том числе форма протокола измерений). Для проведения межлабораторной аттестации случайным образом было выбрано 16 экземпляров стандартного образца. Материал был объединен и – отобрано 16 проб. Каждой лаборатории-участнице аттестации был отправлен материал-кандидат на ОСО чернозем типичный в количестве, достаточном для проведения аттестации измерений; программа и методика аттестации (в том числе форма протокола измерений). Перечень нормируемых метрологических характеристик состава чернозема типичного, которые измеряли в межлабораторных сравнительных испытаниях, а также методики измерений, применяемые лабораториями-участницами, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Перечень характеристик чернозема типичного и методов анализа, используемых в МСИ

Аттестуемая характеристика	Обозначение единицы физической величины	Нормативный документ и метод анализа
Массовая доля P_2O_5 в почве (подвижные соединения фосфора по методу Чирикова)	млн ⁻¹ (мг/кг)	ДСТУ 4115 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по модифицированному методу Чирикова
Массовая доля K_2O в почве (подвижные соединения калия по методу Чирикова)	млн ⁻¹ (мг/кг)	
pH солевой вытяжки	ед. pH	ГОСТ 26483 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО
Гидролитическая кислотность	ммоль/100 г	ГОСТ 26212 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО
Массовая доля углерода (С) органического вещества	%	ДСТУ 4289 Качество почвы. Методы определения органического вещества
Массовая доля углерода (С) доступной (лабильной) органического вещества	%	ДСТУ 4732 Качество почвы. Методы определения доступной (лабильной) органического вещества
Обменный кальций	ммоль-экв/100 г	МВВ 31-497057-007 Почвы. Метод определения обменных кальция, магния, натрия и калия в почве по методу Шелленберга в модификации «ННЦ ИПА имени А.Н.Соколовского» ГОСТ 26487 Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методом ЦИНАО
Обменный магний	ммоль-экв/100 г	

Объемы межлабораторных экспериментов составили от 6 до 21 независимых измерений. По количеству экспериментальных данных, с доверительной веро-

ятностью 95 % приближаются к нормальному распределению. Оценки свойств (агрохимических показателей) материала вычислили согласно ДСТУ-Н ISO Guide 35 «Аттестация стандартных образцов. Общие и статистические принципы» и в соответствии с ГОСТ 8.532 (непараметрический метод).

Последовательность обработки аналитических результатов межлабораторной аттестации в соответствии [6]:

- упорядочивание результатов в порядке увеличения от меньшего к большому;
- оценка параметров выборки: среднего арифметического значения, средней квадратной погрешности, среднего арифметического значения, доверительного интервала для среднего значения по $P = 0,95$.
- Последовательность обработки аналитических результатов межлабораторной аттестации в соответствии [5]:
- упорядочивание результатов в порядке увеличения от меньшего к большому;
- вычисление медианы результатов;
- вычисление абсолютных отклонений результатов измерений от медианы;
- вычисление медианы абсолютных не нулевых отклонений MED_0 ;
- вычисление критического отклонения результатов от медианы.

Если все значения абсолютных отклонений результатов измерений от медианы меньше величины критического отклонения результатов, то за аттестованное значение CO принимают среднее арифметическое значение ряда. Вычислили среднее отклонение и характеристику погрешности межлабораторной аттестации. В случае, если все значения абсолютных отклонений результатов измерений от медианы меньше величины критического отклонения результатов, за аттестованное значение CO принимали средневзвешенное значение ряда. Статистическую оценку характеристики погрешности результатов Δ_A рассчитывали по формуле: ($P = 0,95$): $\Delta_A = 1,96\sigma_{R\bar{x}}$. Все величины, приведенные выше, рассчитаны исходя из экспериментальных данных, полученных, в ходе анализа образца почвы и представлены в табл. 4, 5.

Таблица 4

Результаты межлабораторной аттестации почвенного образца состава агрохимических показателей чернозема типичного

Количество лабораторий	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	pH, ед. pH	Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	C об-щий, %	C ла-бильный, %	Обменный кальций, моль-экв/100 г	Обменный магний, моль-экв/100 г
1	60,17	109,4	5,16	2,52	2,44	0,12	20,79	3,04
2	68,50	115,9	5,17	2,90	2,67	0,12	23,55	4,74
3	74,30	124,0	5,37	2,97	2,81	0,14	26,20	4,92
4	74,50	125,6	5,39	3,00	2,82	0,15	27,79	5,00
5	74,60	127,0	5,41	3,05	2,87	0,15	28,45	5,07
6	74,80	128,0	5,43	3,12	2,89	0,15	28,48	5,08
7	75,30	128,1	5,45	3,19	2,90	0,16	28,83	5,08
8	76,70	131,7	5,45	3,22	2,91	0,16	28,88	5,12
9	77,00	132,1	5,46	3,26	2,93	0,18	28,90	5,21

Количество лабораторий	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	pH, ед. pH	Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	C об-щий, %	C ла-бильный, %	Обменный кальций, моль-экв/100 г	Обменный магний, моль-экв/100 г
10	77,13	132,9	5,47	3,27	2,93	0,19	29,00	5,25
11	77,78	133,0	5,47	3,27	2,95	–	29,80	–
12	81,92	133,4	5,48	3,34	2,97	–	30,88	–
13	82,80	134,0	5,49	3,37	2,99	–	33,32	–
14	84,00	135,5	5,50	3,51	2,99	–	–	–
15	88,69	136,4	5,50	3,52	3,00	–	–	–
16	89,20	136,9	5,52	3,56	3,00	–	–	–
по ДСТУ-Н ISO Guide 35								
Хср	83,65	134,4	5,48	3,25	2,96	0,15	28,07	4,85
S(X)ср	2,88	2,23	0,37	0,07	0,03	0,006	1,77	0,21
пог. Хср. (Dм)	0,66	4,66	0,32	0,08	0,04	0,014	0,72	0,21
Sn, мг/кг	3,06	2,86	0,17	0,10	0,09	0,005	0,86	0,15
Δ _{ат}	5,16	5,49	0,47	0,22	0,19	0,017	1,86	0,36
по ДСТУ ГОСТ 8.532.								
Хмед	79,85	133,04	5,49	3,26	2,99	0,15	28,83	5,07
Аср.зв.	не определ.	133,09	5,48	3,25	2,96	0,15	27,66	4,04
S(A)		7,46	0,11	0,33	0,11	0,014	1,99	1,50
ΔA (Dм)		3,60	0,05	0,17	0,05	0,011	1,26	0,11
Δ _{ат}		6,76	0,34	0,26	0,19	0,014	2,13	0,32

Таблица 5

Результаты обработки данных аттестационных измерений материала-кандидата на ОСО чернозема типичного

Аттестуемая характеристика	Диапазон значений аттестованных характеристик	Границы значений погрешностей аттестованных характеристик (по P = 0,95)	Результаты расчета аттестационных измерений			
			По ДСТУ-Н ISO Guide 35		По ДСТУ ГОСТ 8.532	
			X _{ат}	Δ _{ат}	\hat{A}	Δ _{ат}
Массовая доля P ₂ O ₅ в почве (подвижные соединения фосфора по методу Чирикова), мг/кг	73–93	10	84	5 мг/кг (6,17 %)	Не определен	
Массовая доля K ₂ O в почве (подвижные соединения калия по методу Чирикова), мг/кг	121–148	13	134	7 мг/кг (5,49 %)	133	7 мг/кг (5,08 %)
pH солевой вытяжки, ед. pH	5,3–5,7	0,5	5,5	0,5	5,5	0,3
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	2,93–3,58	0,38	3,25	0,22 ммоль/100 г (6,61 %)	3,25	0,26 ммоль/100 г (8,02 %)

Аттестуемая характеристика	Диапазон значений аттестованных характеристик	Границы значений погрешностей аттестованных характеристик (по P = 0,95)	Результаты расчета аттестационных измерений			
			По ДСТУ-Н ISO Guide 35		По ДСТУ ГОСТ 8.532	
			$X_{ат}$	$\Delta_{ат}$	\hat{A}	$\Delta_{ат}$
Массовая доля углерода (C) органического вещества, %	2,4–3,6	0,57	3,0	0,2 абс. % (6,29 %)	3,0	0,2 абс. % (6,31 %)
Массовая доля углерода (C) (лабильная) органического вещества, %	0,12–0,18	0,03	0,15	0,02 абс. %	0,15	0,01 абс. %
Обменный кальций, ммоль-экв/100 г	23,9–32,3	4,0	28,1	1,9 ммоль-экв/ 100 г (6,64 %)	27,7	2,1 ммоль-экв/ 100 г (7,71 %)
Обменный магний, ммоль-экв/100 г	4,1–5,6	0,70	4,9	0,4 ммоль-экв/ 100 г (7,49 %)	5,0	0,3 ммоль-экв/ 100 г (7,83 %)

Оценка характеристик стабильности материала-кандидата на ОСО чернозема типичного выполняли методом экспоненциального сглаживания результатов измерений. Исследование стабильности выполняли по результатам измерений лаборатории инструментальных методов исследований почв ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского». Для оценки стабильности стандартного образцов состава почв отобрали часть материала, которой было достаточно для измерения содержания выбранных компонентов в течение всего времени исследования стабильности. В течение срока исследования для каждого показателя получено 37 результатов измерений нормируемых метрологических характеристик, X_n ($n = 1, 2, \dots, N$) через равные промежутки времени в 1 месяц в момент времени $t_n = (n - 1) \cdot \tau / N$. Для обоснованного назначения срока годности экземпляра материала-кандидата на ОСО чернозема типичного определили допустимое значение погрешности от нестабильности Δ_T .

По заданным значениям допустимой погрешности аттестованного значения СО $\Delta_{доп}$ можно принять

$$\Delta_T = \frac{2}{3} \cdot \Delta_{доп} \quad (2)$$

Допустимое значение погрешности от нестабильности Δ_T , определяется исходя из условия, что длина интервала значений погрешности от нестабильности не превышает 1/3 длины интервала допустимого значения погрешности аттестованного значения СО, равной $2\Delta_{доп}$.

Во время аттестации установили зависимость аттестованного значения СО от времени t в виде:

$$\hat{A} = A_0 + at, \quad (3)$$

где A_0 – аттестованное значение СО, установленное во время аттестации СО; a – коэффициент, установленный в ходе исследования стабильности СО.

Срок годности экземпляра СО должен удовлетворять неравенствам:

$$A_1 \leq A_0 + aT \leq A_2; \quad (4)$$

$$t_{(N-1); 0,95} \cdot S_a \cdot T \leq \Delta T, \quad (5)$$

где A_1 , A_2 – границы диапазона допустимых значений аттестованной характеристики СО для типа СО.

Срок годности экземпляра СО устанавливают равным наименьшему значению T , что удовлетворяет обоим неравенствам (табл. 6).

Таблица 6

Погрешность от нестабильности материала-кандидата на отраслевой стандартный образец чернозема типичного и срок годности

Нормированная метрологическая характеристика	Чернозем типичный тяжелосуглинистый		
	A^1	Δt^2	T^3 , месяцев
Массовая доля P_2O_5 , мг/кг	84,61	1,86	107,1
Массовая доля K_2O , мг/кг	131,6	1,00	15,0
pH солевой вытяжки, ед. pH	5,53	–	902
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г	2,84	–	260,2
Массовая доля углерода (С) органического вещества, %	2,96	0,84	48,1
Массовая доля углерода (С) доступной (лабильной) органического вещества, %	0,15	0,005	101,7
Обменный кальций, ммоль-экв/100 г	27,37	4,17	113,2
Обменный магний, ммоль-экв/100 г	4,52	0,27	44,2

Примечания. ¹ A – аттестованное значение; ² Δt – погрешность аттестованного значения агрохимического показателя от нестабильности; ³ T – срок годности экземпляра СО.

Срок годности экземпляра стандартного образца установлен равным наименьшему значению T , что удовлетворяет неравенствам (3) и (4). Рассчитанные погрешности нестабильности материала стандартного образца для массовой доли подвижных соединений калия и углерода органического вещества вносят значительный вклад в суммарную погрешность аттестованного значения СО. Расчетный срок годности стандартного образца состава чернозема типичного составляет 5 лет при соблюдении условий хранения. Учитывая возможную нестабильность материала СО чернозема типичного по показателю массовой доли подвижных соединений калия и обменного магния, установлено требование ежегодного контроля качества материала СО по этим показателям.

ВЫВОДЫ

Использованные нами методы усреднения почвенного материала при изготовлении СО чернозема типичного (гомогенизация путем принудительного перемещения частиц на круглом столе, который вращается со скоростью 4 оборота в минуту в течение 10–30 циклов), определения однородности (по элементам-индикаторам для массовой доли подвижных соединений фосфора и калия), мет-

рологической аттестации (традиционный метод оценки содержания компонента средним арифметическим сравнивались с робастными оценками), определения показателей стабильности (методом экспоненциального сглаживания результатов измерений), установления срока годности (срок действия СО назначался таким образом, чтобы нестабильность состава материала СО не вносила существенного вклада в погрешность СО) позволили изготовить отраслевой СО состава чернозема типичного с метрологическими характеристиками, которые отвечают действующим требованиям к средствам измерений и могут использоваться в измерительных агрохимических лабораториях для обеспечения прослеживаемости результатов измерений (массовой доли подвижных соединений фосфора, массовой доли подвижных соединений калия, рН солевой вытяжки, гидролитической кислотности, массовой доли углерода (С) органического вещества, массовой доли углерода (С) доступной (лабильной) органического вещества, обменного кальция, обменного магния).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галузеві стандартні зразки складу та властивостей речовин та матеріалів. Порядок розроблення, метрологічна атестація і впровадження: ГСТУ 46.005-99 – [Чинний від 02-01-2000.]. – К.: Мінагрополітики України, 1999. – 23 с. – (Національний стандарт України).
2. *Iohtsich, S.V.* The metrology of spectral analysis of dispersed substances and materials / S.V. Iohtsich // *Spectrochimica Acta*. – 1981. – Vol. 12. – P. 1177–1186.
3. *Семенко, Н.Г.* Метрологические функции стандартных образцов веществ и материалов в системе обеспечения единства измерений / Н.Г. Семенко. – К., 1983. – № 1. – С. 22–25.
4. РД 50-154-79. Положение о Государственной службе стандартных образцов. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 5 с.
5. Метрологія. Стандартні зразки складу речовин і матеріалів. Міжлабораторна метрологічна атестація. Зміст і порядок проведення робіт (ГОСТ 8.532-2002, IDT): ДСТУ ГОСТ 8.532-2003. – [Чинний в Україні з 07-01-2003]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 14 с. – (Національний стандарт України).
6. Атестація стандартних зразків. Загальні та статистичні принципи: ДСТУ-Н ISO Guide 35:2006 (ISO Guide 35:1989, IDT). – [Чинний в Україні з 2010-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010.

THE APPLIED ASPECTS OF CREATION OF A BRANCH STANDARD SAMPLE OF THE COMPOSITION (AGROCHEMICAL INDICATORS) OF CHERNOZEM TYPICAL

I.A. Prokhorova

Summary

The article presents the carried out analysis of the current status of issues of development of the standard sample. Specific development procedure has been formulated based on the analysis of literature and experience in the development of

standard samples of individual types. At present, the most common way of assessing the uniformity of standard samples is the application of dispersion analysis to isolate the components of the dispersion associated with the error in the heterogeneity of the standard samples. The method makes it possible to estimate the characteristics of the inhomogeneity error within one laboratory. The normal distribution of experimental data is realized in practice quite rarely, as shown by theoretical studies and practical experience, although it is used universally in calculations. The authors presented the carried out comparative analysis of various methods for estimating the metrological characteristics of the standard sample based on the results of interlaboratory analysis. Compared with many other similar researches in the presented study the authors used not theoretical but the empirical distributions received by results of interlaboratory analyses. The authors proposed the method of establishment of an expiration period of the standard samples in accordance with the results of experimental researches grounded on interval estimation of speed of change of the certified performance.

Поступила 26.09.17

УДК.631.445.4

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ЛУГОВО- ЛЕСНЫХ И ЛУГОВО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ СУХИХ СУБТРОПИКОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Мамедов Гошгар Магеррам оглы

*Институт Почвоведения и Агрохимии
Национальной Академии Наук Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан*

ВВЕДЕНИЕ

Использование приемов химизации земледелия с целью улучшения почвы как культурной среды развития растений требует известной суммы знаний вообще и в частности, именно о той почве, улучшение которой предполагается путем химизации [22]. Анализ обозначенной проблемы логично рассмотреть через призму влияния компонентов минеральных удобрений и мелиорантов на те факторы структурообразования, через которые они оказывают наибольшее воздействие на минералогический состав почв, качество органического вещества [1, 3, 15, 22].

Богатый материал практики мирового земледелия указывает на значительное изменение почвенного плодородия под влиянием органических и минеральных удобрений, орошения и обработки почвы, посева однолетних и многолетних кормовых растений, опреснения и осушения засоленных и заболоченных земель и т.д. [2, 12, 17, 24, 25].

Изменение структуры почв под влиянием минеральных и органических удобрений изучено недостаточно. Анализы структурно-агрегатного состава по методу

Саввинова, нитратный азот дисульфифеноловым методом, валовые формы азота по К.Е. Гинзбургу дают очень неопределенные результаты, которые в большой мере зависят от возделываемой культуры, обработки почвы, системы удобрения.

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что структура почвы изменяет темп и направление физико-химических и биологических процессов в ней, влияет на характер роста и развития растений и качество урожая [8, 15, 21, 22].

Структурные почвы отличаются благоприятными физическими свойствами и хорошим питательным режимом, в них легко проникает вода и воздух. Вследствие хорошей водопроницаемости вся вода, выпадающая на поверхность структурной почвы, поглощается и не теряется. Такие почвы способны обеспечить прочный запас воды в почве, составляющий 80–85 % годового количества осадков [8, 17, 20, 23].

Поддержание благоприятных физических условий в почве на необходимом для определенной культуры уровне, облегчается наличием в ней агрономически ценной водопроходной мелкозернистой структуры. Для одних почв такая структура является даром природы, в связи, с чем необходимо поддерживать такое состояние или улучшать его [2, 3, 8, 10, 13, 18].

Наиболее благоприятные условия для роста растений складываются в макроструктурных и мезоструктурных почвах. Часто образующиеся на поверхности корка или глыбы, затрудняют прорастание семян культурных растений. В результате чего их полевая всхожесть оказывается значительно ниже лабораторной, что ведет к снижению урожая сельскохозяйственных культур [1, 8, 19, 25].

В настоящее время актуальным является поиск путей и методов восстановления экологических функций почвы, улучшения ее физического состояния и структурно-агрегатного состава, которые приводят к формированию благоприятных свойств почвы как среды обитания. Оптимизация физического состояния почвы, а именно улучшение ее структурно-агрегатного состава, сохранение зернистой структуры, является первостепенным.

Целью исследований является установление влияния различных систем удобрения на структурно-агрегатный состав аллювиальной лугово-лесной и лугово-коричневой почв сухих субтропиков Азербайджана.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили по общепринятым методам под различными агроценозами (яблоневый сад и овощные культуры (томаты) на аллювиальной лугово-лесной и на лугово-коричневой почвах в условиях орошения почвах Губа-Хачмазской зоны Азербайджана. Агротехнические мероприятия соответствовали общепринятым для региона [1, 2, 18].

Агрохимические, физико-химические и агрофизические свойства, а также структурно-агрегатный состав исследуемых почв изучены по общепринятым методикам [6, 7, 8, 13, 14].

Структурно-агрегатный состав почв определяли по методу Н.И. Саввинова, плотность твердой фазы почвы (удельный вес) – пикнометрическим по методу С.Н. Долгову, плотность сложения – методом «режущих колец», общую пористость – расчетным методом, гранулометрический состав – пипеточным методом

с применением диспергатора (пирофосфат натрия), гигроскопическую влагу – весовым методом, карбонатность (CaCO_3) – кальциметром по методу Шейблера, поглощенный кальций и магний – «трилоном Б» (вытеснением 3n NaCl по методу Иванова), поглощенный натрий – по К.К. Гедройцу. Валовые формы фосфора и калия определяли в аппарате Contr AA 700 «Analytik Yena» атомно-абсорбционным методом, азота – по К.Е. Гинзбургу, аммиачный (N-NH_4) и нитратный азот (N-NO_3), подвижный фосфор P_2O_5 и обменный калий K_2O – колориметрическим методом в аппарате «Palintest» [5, 6, 8, 26]. Полученные материалы были подвергнуты математической обработке по методу Б.А. Доспехова [27].

В качестве минеральных удобрений применяли: азотные – аммиачная селитра (NH_4NO_3), фосфорных – простой суперфосфат ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), калийных – калий хлористый (KCl). Органическим удобрением служил навоз КРС при влажности 65 %, содержащий в среднем 0,5 % азота, 0,25 % P_2O_5 и 0,55 % K_2O .

Общая площадь опытного участка на орошаемых лугово-коричневых почвах составила 9600 м², площадь питания одного дерева – 8 × 4 м (32 м²). Повторность опыта – трехкратная. В каждом варианте площадь делянки – 1600 м², общее количество деревьев (вместе с повторным вариантом) – 48 шт., из них 9 шт. – учетные (площадь – 288 м²).

Полевые опыты на аллювиальной лугово-лесной почве под овощными культурами (томатами) заложены в трехкратной повторности. Площадь делянки – 30 м², площадь питания одного растения – 2,1 м² (70 × 30 см), в каждом варианте один ряд – защитный.

В период вегетации были применены следующие дозы удобрений в нижеуказанном сроке (табл. 1).

Все годовые нормы органических удобрений (100 %) внесены под вспашку осенью. Минеральные удобрения под растения томата внесены в 3 срока в период вегетации: 1-й – при перенесении рассады в поле; 2-й – в начале бутонизации; 3-й – в начале плодоношения.

В плодовых садах под яблони минеральные удобрения внесены также в 3 приема: 1-й – в период набухания побегов; 2-й – после цветения; 3-й – при завязывания плодов.

Таблица 1

**Внесение минеральных удобрений по стадиям развития растений
(по годовым нормам действующего вещества)**

Минеральные удобрения	Период под культурой томата, %			Период под яблоневым растением, %		
	1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й
Азотные	30	50	20	30	40	30
Фосфорные	60	30	10	70	20	10
Калийные	30	40	30	40	40	20

В полевых исследованиях были использованы следующие варианты систем удобрения:

1. Контроль и (без удобрения);
2. Навоз КРС – 40 т/га (органическая система удобрения);
3. $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ + 20 т/га навоз КРС (органическая и минеральная система удобрения);

4. $N_{90}P_{120}K_{140} + 10$ т/га навоз КРС (органическая и минеральная система удобрения);
5. $N_{120}P_{160}K_{180}$ (минеральная система удобрения).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

Аллювиальные лугово-лесные почвы сухих субтропиков Губа-Хачмазской зоны Азербайджана в основном распространены на наклонной равнине северо-восточной части Большого Кавказа и занимают участки на высоте от 50 до 100 м выше уровня моря. Орошаемые лугово-коричневые почвы этого региона распространены в основном в средней части массива. Они формируются под лесо-кустарниками и хорошо развитым влаголюбивым травянистым покровом. Аллювиальные лугово-лесные и орошаемые лугово-коричневые почвы используют под различные сельскохозяйственные культуры (овощные, плодовые, кормовые, зерновые и др.).

Совокупность агрегатов различной величины, формы пористости, механической прочности и водопрочности, характерные для каждой почвы и ее горизонтов, составляет почвенную структуру, что практиками земледелия давно установлено и является общепризнанным, так как многие свойства почвы, особенно физические условия в ней, водный, воздушный, биологический и питательный режимы, а, следовательно, и условия жизни высших растений и микрофлоры зависят от характера почвенной структуры, которая является как бы фокусом, где отражаются все или, по крайней мере, большинство ее свойств. Структура же в значительной мере определяет все эти свойства [2, 8, 16, 24].

Вопросы влияния структуры на свойства почвы, ее плодородие, урожай растений издавна привлекали внимание почвоведов, агрохимиков и агрономов.

Аллювиальная лугово-лесная почва слабо обеспечена основными элементами питания. Так, в слое 0–115 см этих почв содержание гумуса составляет 0,41–3,95 %, а валовых форм азота, фосфора и калия варьирует соответственно в пределах 0,01–0,24 %, 0,03–0,16 % и 1,43–3,66 % (табл. 2).

Таблица 2

Агрохимические свойства аллювиальной лугово-лесной почвы сухих субтропиков Азербайджана (Губа-Хачмазская зона)

Генетический горизонт	Глубина, см	Гумус общий %	N валовый %	N-NH ₄		N-NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅			K ₂ O		pH _{H2O}	
				водорастворимый, %	поглощенный, мг/кг		валовый, %	водорастворимый, г/кг	подвижный, мг/кг	валовый, %	водорастворимый, г/кг		обменный, мг/кг
Ап	0–18	3,95	0,24	4,95	17,4	8,13	0,16	4,22	23,2	3,66	25,4	231	7,5
А1	18–37	2,87	0,17	3,52	11,2	5,25	0,12	3,05	21,7	3,18	24,7	208	7,8
В1	37–65	1,75	0,11	3,05	9,75	3,10	0,09	2,18	13,1	2,56	21,5	198	8,1
В2	65–90	1,06	0,04	2,16	6,84	1,08	0,06	1,48	10,2	1,73	17,8	160	8,0
С	90–115	0,41	0,01	1,12	4,92	0,12	0,03	1,19	7,2	1,43	14,7	139	8,1

В то же время в орошаемой лугово-коричневой почве эти показатели следующие: гумус – 0,64–3,12 %; валовой азот – 0,06–0,29; валовой фосфор – 0,07–0,26; валовой калий – 1,65–3,07 % по профилю почв (0–115 см), что больше по сравнению с аллювиальной лугово-лесной почвой (табл. 3). Исследованные почвы сухих субтропиков Губа-Хачмазской зоны по содержанию подвижных форм азота, фосфора и калия в верхних горизонтах характеризуются как слабо обеспеченные, а по степени кислотности – практически слабощелочные (рН 7,5–7,8).

Таблица 3

**Агрохимические свойства орошаемой лугово-коричневой почвы
Губа-Хачмазской зоны**

Генетический горизонт	Глубина, см	Гумус общий, %	N валовый, %	N-NH ₄			N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅			K ₂ O			рН _{H2O}
				водорастворимый, г/кг	поглощенный, мг/кг	валовый, %		водорастворимый, мг/кг	подвижный, мг/кг	валовый, %	водорастворимый, мг/кг	обменный, мг/кг		
Ап	0–22	3,12	0,29	6,08	20,1	12,2	0,26	8,07	35,8	3,07	26,2	264	7,8	
А ₁	22–43	2,58	0,20	5,14	16,9	11,6	0,19	5,96	27,6	2,54	16,3	187	7,7	
В1	43–70	2,35	0,12	3,72	15,3	5,07	0,14	4,35	18,3	1,92	4,05	109	7,9	
В2	70–92	1,26	0,10	3,91	13,9	1,15	0,11	3,72	12,8	1,76	3,12	83,7	8,2	
С	92–115	0,64	0,06	2,60	7,35	0,86	0,07	2,63	8,92	1,65	2,23	72,1	8,3	

Поглощенные катионы Ca²⁺ и Na⁺ преобладали в аллювиальной лугово-лесной почве (Ca²⁺ – 78,1 %; Na⁺ – 5,0 %). Содержание Mg²⁺ было равно 16,8 % (табл. 4). В то же время в орошаемой лугово-коричневой почве по сравнению с аллювиальной лугово-лесной почвой в верхних горизонтах преобладал Mg²⁺, содержание которого в слое почв 0–22 см достигало 30,0 % от суммы поглощенных катионов. В данных горизонтах содержание поглощенного Ca²⁺ было равно 66,9, Na⁺ – 3,1 % от суммы катионов (табл. 5).

Межагрегатная общая пористость в верхних горизонтах аллювиальной лугово-лесной почвы варьировала в пределах 37,5–45,7 % и с глубиной менялась от 37,2 до 40,3 % от объема общей пористости. В орошаемой лугово-коричневой почве общая пористость составила в верхних горизонтах 44,0–43,6 %, в нижнем горизонте С уменьшалась до 39,3 %.

В тесной связи с физическими свойствами исследуемых почв находились и их водные свойства и гумусированность. Содержание гумуса и гигроскопической влаги изменялись по профилю в зависимости от количества физической глины: в аллювиальной лугово-лесной почве содержание гумуса составило 2,95 % в верхних и 5,20 % – в нижних слоях, в орошаемой лугово-коричневой – 4,11 и 3,91 % соответственно.

Исследуемые аллювиальные почвы являются карбонатными – содержание CaCO₃ по профилю почв (0–115 см) изменялось от 3,37 до 3,66 % в лугово-лесной и от 7,95 до 11,7 % в лугово-коричневой.

Таблица 4
Физико-химические и агрофизические свойства аллювиальной лугово-лесной почвы сухих субтропиков Азербайджана
(Губа-Хачмазская зона)

Генетический горизонт	Глубина, см	CO ₂ , %	% CaCO ₃	Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы				Доля поглощенных катионов, % от суммы			Плотность сложенная, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	Гирскопическая влага, %	Гранулометрический состав, %	
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Сумма	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺					<0,001 мм	<0,01 мм
Ап	0-18	1,61	3,66	28,8	6,2	1,86	36,9	78,1	16,8	5,04	1,45	2,58	45,7	2,95	19,8	38,1
А ₁	18-37	1,82	4,14	31,6	7,4	1,72	40,7	77,6	18,2	4,22	1,72	2,53	37,5	3,42	16,5	39,1
В ₁	37-65	1,59	3,62	32,1	13,8	3,36	49,3	65,2	28,0	6,82	1,64	2,51	40,3	3,98	25,0	58,2
В ₂	65-90	1,75	3,98	24,6	20,5	2,85	48,0	51,3	42,8	5,94	1,69	2,57	39,1	4,75	17,2	32,4
С	90-115	1,48	3,37	18,8	22,7	2,14	43,6	43,1	52,0	4,90	1,76	2,62	37,8	5,20	12,3	28,7

Таблица 5
Физико-химические и агрофизические свойства орошаемой лугово-коричневой почвы сухих субтропиков Азербайджана
(Губа-Хачмазская зона)

Генетический горизонт	Глубина, см	% CaCO ₃	Поглощенные основания, мг-экв/100г почвы				Поглощенные основания, мг-экв/100г почвы			Плотность сложенная, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Гирскопическая влага, %	Общая пористость, %	Гранулометрический состав, %	
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Сумма	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺					<0,001 мм	<0,01 мм
Ап	0-22	7,95	28,3	12,7	1,32	42,4	66,9	30,0	3,11	1,38	2,68	4,08	43,6	20,3	36,8
А ₁	22-43	8,37	31,0	5,12	1,81	37,9	81,7	13,5	4,77	1,44	2,71	4,11	44,0	17,5	37,2
В ₁	43-70	9,05	32,9	7,56	1,28	41,7	78,8	18,1	3,06	1,56	2,74	3,92	41,6	27,2	54,7
В ₂	70-92	13,9	25,5	13,9	2,65	42,0	60,7	33,0	6,30	1,55	2,69	3,28	40,9	14,6	33,5
С	92-115	11,7	24,0	12,6	1,72	38,3	62,7	32,9	4,49	1,62	2,65	3,70	39,3	11,8	27,3

Количество агрономически ценных водопрочных агрегатов (>0,25 мм) по профилю в аллювиальных лугово-лесных и орошаемых лугово-коричневых почвах менялось соответственно в пределах 20,4–71,8 и 25,6–76,2 %.

Почвенные условия наряду с плотностью почвы и запасами продуктивной влаги определяют также такие показатели как коэффициент структурности и количество агрономически ценных агрегатов. Совокупность макроагрегатов почвенных частиц различных форм и размеров, образует агрегатный состав почвы, его можно рассматривать как объект, отражающий результаты не только почвообразовательных процессов, но и земледельческой деятельности.

Изменение агрегатного состава и коэффициента структурности аллювиальной лугово-лесной почвы под овощными культурами (томат) в зависимости от системы удобрения (средние данные за 2014–2016 гг.) приведено в табл. 6.

Таблица 6

Влияние системы удобрения на агрегатный состав и коэффициент структурности аллювиальной лугово-лесных почв под овощными культурами (томат) (Губа-Хачмазская зона, 2014–2016 гг.)

Система удобрения	Доза удобрений	Почвенный слой, см	Размер почвенных агрегатов, мм содержание, %			Коэффициент структурности (K_{CT})
			>10	10–0,25	<0,25	
Без удобрения (контроль)	–	0–20	0,1	53,7	46,2	1,2
		20–40	0,3	59,1	40,6	1,4
		40–60	0,4	60,2	39,4	1,5
Органическая	40 т/га	0–20	–	71,3	28,7	2,5
		20–40	–	67,8	32,2	2,1
		40–60	0,1	61,1	38,8	1,6
Органо-минеральная	$N_{60}P_{90}K_{120}+$ 20 т/га навоз	0–20	0,2	67,6	32,2	2,1
		20–40	0,4	68,9	30,7	2,2
		40–60	–	63,8	36,2	1,8
Органо-минеральная	$N_{90}P_{100}K_{140}+$ 10 т/га навоз	0–20	0,3	66,2	33,5	2,0
		20–40	0,1	62,5	37,4	1,7
		40–60	–	58,8	41,2	1,4
Минеральная	$N_{120}P_{160}K_{180}$	0–20	0,4	59,4	40,2	1,5
		20–40	0,2	61,1	38,7	1,6
		40–60	0,5	57,2	42,3	1,3
НСП ₀₅						0,18

Анализ полученных данных показывает, что применение органической (навоз КРС) системы удобрения улучшает структурное состояние почв. Использование органо-минеральной (навоз + азотные, фосфорные и калийные удобрения) системы удобрения положительно влияло на структурное состояние аллювиальной лугово-лесной почвы под овощными культурами. В среднем за три года при внесении органических удобрений отмечено увеличение фракции ценного диапазона (0,25–10,0 мм) в среднем по 0–60 см слою почвы на 9 %, а коэффициент структурности (K_{CT}) по сравнению с контрольным вариантом (без удобрений) повысился на 0,7 единицы.

Сохранение уникальной клейковато-зернистой структуры и хорошо различных почвенных комочков и агрегатов после воздействия воды является важной функцией почвы.

Результаты определения содержания структурных агрегатов показали, что при внесении органо-минеральных удобрений данное свойство было выше по сравнению с контрольным вариантом. Содержание почвенных агрегатов величиной менее 0,25 мм в контрольном варианте в 0–60 см слое почвы в среднем составляло 42 %, тогда как в варианте, где применяли систему органо-минеральных удобрений (20 т/га навоз + $N_{60}P_{90}K_{120}$) эти значения составляли 33 %. При этом в этих вариантах увеличивалось среднее содержание агрономически ценных агрегатов на 9 %.

При применении органо-минеральной системы удобрения также установлено увеличение содержания фракции 10–0,25 мм с 53,7 % до 67,6 % в пахотном слое почв под овощными культурами.

При внесении только минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{160}K_{180}$ положительного действия на содержание почвенных агрономически ценных агрегатов по сравнению с контрольным вариантом не установлено, а содержание частиц размером <0,25 мм немного увеличивалось, что привело к ухудшению водно-физических показателей почвы.

При применении органической системы удобрений (40 т/га навоза КРС) были выявлены наилучшие показатели по содержанию частиц размером 10–0,25 мм: по слою 0–60 см почвы – 61,3–71,3 %, пахотный слой – 61,3 %. Также высоки значения коэффициента структурности. В пахотном и подпахотном слоях почвы эти показатели составили соответственно 2,5 и 2,1 в аллювиальной лугово-лесной почве под культурами томата.

Изменение агрегатного состава и коэффициента структурности, орошаемых лугово-коричневых почв под плодовыми культурами (яблоня) в зависимости от системы удобрения, приведены в табл. 7.

Анализ полученных данных показывает, что применение органической и органо-минеральной систем удобрения на орошаемых лугово-коричневых почвах также положительно влияло на структурное состояние почв по сравнению с контрольным вариантом.

Содержание почвенных агрегатов величиной <0,25 мм в пахотном горизонте в контрольном варианте составляет 45,4 %, тогда как при применении органических удобрений (40 т/га навоза), эти показатели снизились до 32,0 %, а содержание агрономически ценных частиц в размере 10–0,25 мм увеличилось приблизительно на 10 % по сравнению с контролем без удобрений.

При внесении удобрений в дозе $N_{60}P_{90}K_{120}$ + 20 т/га навоза содержание почвенных агрономически ценных агрегатов в пахотном слое почв составило 63,5 %, а в подпахотном – достигло 67,8 %. Коэффициенты структурности были соответственно 1,7 и 2,1.

Если в контрольном варианте среднее содержание почвенных агрегатов размером частиц 10–0,25 мм в 0–60 см слое почвы составляет 60,8 %, то при применении органической (40 т/га навоза) и органо-минеральной (20 т/га навоза + $N_{60}P_{90}K_{120}$) систем удобрения эти показатели соответственно равны в среднем 68,2 % и 66,8 %.

Установлено, что при совместном внесении минеральных и органических удобрений с увеличением доз минеральных и уменьшением доз органических удобрений содержание почвенных агрономически ценных агрегатов постепенно снижалось, то есть снижение доз органических удобрений отрицательно влияло на содержание агрономически ценных агрегатов.

Влияние системы удобрения на агрегатный состав и коэффициент структурности орошаемой лугово-коричневой почвы под плодовыми культурами (яблоня) (Губа-Хачмазская зона, 2014–2016 гг.)

Система удобрения	Доза удобрений	Почвенный слой, см	Размер почвенных агрегатов, мм содержание, %			Коэффициент структурности ($K_{ст}$)
			>10	10–0,25	<0,25	
Без удобрения (контроль)	–	0–20	2,0	52,6	45,4	1,1
		20–40	2,1	57,0	40,9	1,3
		40–60	4,3	72,7	23,0	2,7
Органическая	40 т/га	0–20	1,8	66,2	32,0	2,0
		20–40	1,4	70,5	28,1	2,4
		40–60	3,9	67,8	28,3	2,1
Органо-минеральная	$N_{60}P_{90}K_{120}+$ 20 т/га навоз	0–20	2,0	63,5	34,5	1,7
		20–40	1,7	67,8	30,5	2,1
		40–60	2,2	69,1	28,7	2,2
Органо-минеральная	$N_{90}P_{100}K_{140}+$ 10 т/га навоз	0–20	1,7	61,8	36,5	1,6
		20–40	1,5	63,7	34,8	1,8
		40–60	2,6	66,8	30,6	2,0
Минеральная	$N_{120}P_{160}K_{180}$	0–20	2,7	50,7	46,6	1,0
		20–40	2,3	54,8	42,9	1,2
		40–60	3,8	69,6	26,6	2,3
НСП ₀₅						0,27

Коэффициент структурности в лугово-коричневых почвах в контрольном (без удобрений) варианте в слое почвы 0–60 см в среднем составлял 1,7. При органической системе удобрений среднее значение составляло 2,2, а в варианте, где применяли $N_{60}P_{90}K_{120}+20$ т/га навоза – 2,0.

Структурно-агрегатный состав почв в вариантах органо-минеральных систем удобрения оказался хуже, по сравнению с органической. В варианте органической системы удобрения $K_{ст}$ в среднем по 0–60 см слою почвы составлял 2,2, а при применении 20 т/га навоз + $N_{60}P_{90}K_{120}$ это значение равнялось 2,0, при 10 т/га навоз + $N_{90}P_{100}K_{140}$ – 1,8.

Применение минеральной системы удобрения снизило коэффициент структурности, который в среднем по профилю почвы равен 1,5. При этом в почве увеличилось содержание почвенных агрегатов размером <0,25 мм, что ухудшило ее почвенную структуру и отрицательно воздействовало на другие свойства.

В целом по проведенному опыту под разными агроценозами самым лучшим вариантом является применение органической системы удобрения. Коэффициенты структурности в аллювиальных лугово-лесных почвах составляли в пахотном слое 2,5, подпахотном – 2,1, а в орошаемых лугово-коричневых почвах – соответственно 2,0 и 2,4.

ВЫВОДЫ

1. Анализ агрохимических и агрофизических показателей исследуемых аллювиальных лугово-лесных и орошаемых лугово-коричневых почв Губа-Хачмазской зоны Азербайджана показал, что для повышения их плодородия необходимо

проведение следующих мероприятий: применение и усовершенствование систем минеральных и органических удобрений.

2. В варианте, где применяли органическую систему удобрений выявлены самые высокие показатели улучшения и сохранения агрономически ценных почвенных агрегатов аллювиальной лугово-лесной почвы. Коэффициент структурности повысился при внесении 40 т/га навоза по сравнению с контролем без удобрений примерно в 1,3 раза и составил в пахотном и подпахотном слоях почв 2,5 и 2,1 соответственно.

3. При использовании органо-минеральной системы удобрения под овощными культурами ($N_{60}P_{90}K_{120} + 20$ т/га навоза) также улучшался агрегатный состав исследуемых почв – повышалось содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном и подпахотном слоях почвы по сравнению с контрольным соответственно на 2,1 и 2,2 %.

4. В орошаемых лугово-коричневых почвах под плодовыми культурами также установлено положительное влияние органической системы удобрения, заключающиеся в увеличении содержания почвенных агрегатов размером 10–0,25 мм на 13 % по сравнению с контролем, а K_{CT} – на 0,5 единицы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологические аспекты оценки качества орошаемых вод / Г.Ш. Мамедов [и др.] – Баку: Элм, 2012. – 40 с.
2. Мамедов, Г.Ш. Основы почвоведения и почвенной географии / Г.Ш. Мамедов. – Баку: Элм, 2007. – 664 с.
3. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ. 2005. – 432 с.
4. Качинский, Н.А. Физика почв. Водно-физические свойства и режимы почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1970. – 358 с.
5. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почвы / Е.В. Аринушкина. – М.: изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
6. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
7. Практикум по почвоведению; под редакцией Н.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 136-138.
8. Мамедов, Р.Г. Агрофизические свойства почв Азербайджанской ССР / Р.Г. Мамедов. – Баку: Элм, 1987. – 244 с.
9. Белюченко, И.С. Изменение агрегатного состава чернозема обыкновенного при внесении органо-минерального компоста / И.С. Белюченко, Д.А. Славгородская // Доклады РАСХН. – 2013. – № 4. – С. 23–25.
10. Добровольский, Г.В. Экология и почвоведение / Г.В. Добровольский // Почвоведение. – М.: Наука, 1989. – № 12. – С. 5–12.
11. Biernbaum, J.A. Compost production and use / J.A. Biernbaum, A. Fogiel // UMOFC. – 2005. – № 2. – Р. 1–12.
12. Лаломова, Т.В. Влияние различных систем удобрений и способов обработки на грунтовой состав органо-минеральных коллоидов и агрофизические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Т.В. Лаломова; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2003. – 22 с.
13. Горбылева, А.И. Влияние систем удобрения и способов обработки дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на ее структуру и водопрочность /

А.И. Горбылева, Т.В. Лаломова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2002. – № 4.– С. 42–45.

14. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Скуратов Н.С. [и др.]. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

15. Гулиев, А.Г. Экомелиоративная оценка орошаемых почв Нахичеванской Автономной Республики / А.Г. Гулиев. – Нахичевань: Аджери, 2014. – 168 с.

16. Качинский, Н.А. Структура почвы (итоги и перспективы изучения вопроса) / Н.А. Качинский. – М.: Изд-во МГУ, 1963. – 100 с.

17. Гумматов, Н.Г. Современные представления о структуре почв и структурообразовании. Механизмы и модели; Динамика и факторы / Н.Г. Гумматов, Я.А. Пачепский. – Пушкино: ОНТИ ПНИ АН СССР, 1991. – 58 с.

18. Бабаев, М.П. Орошаемые почвы Кура-Араксинской низменности и их производительная способность / М.П. Бабаев. – Баку: Элм, 1975. – 175 с.

19. Barber, S.A. Effect of long-term subsurface drip irrigation on soil structure / S.A. Barber, A. Katupitiya, M. Hickey // Proc. of the 10-th Aust. agron. conf. – Hobart, 2001.

20. Гумматов, Н.Г. Изменение структурно-агрегатного состава серой лесной почвы под озимой пшеницей / Н.Г. Гумматов, Нагезский // Вестн. МГУ. – Сер. 17. – Почвоведение. – С. 20–25.

21. Влияние удобрений на водно-физические свойства и структуру серой лесной почвы / Гумматов [и др.] // Биол. науки. – 1991. – № 5. – С. 125–133.

22. Гедройц, К.К. К вопросу о почвенной структуре и ее сельскохозяйственном значении / К.К. Гедройц // Изв. Ин-та опытной агрономии. – 1995. – Т. IV. – № 3.

23. Вершинин, П.В. Почвенная структура и условия ее формирования / П.В. Вершинин. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 120 с.

24. Зубкова, Т.А. О природе механической прочности абсолютно-сухих почвенных агрегатов / Т.А. Зубкова // Почвоведение. – 1998. – № 3. – С. 281–290.

25. Карпачевский, Л.О. Экологическое почвоведение / Л.О. Карпачевский. – М.: ГЕОС, 2005. – 334 с.

26. Савинов, Н.И. Структура почв и ее прочность / Н.И. Савинов. – М.: Сельхозгиз, 1931. – 120 с.

27. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

INFLUENCE OF DIFFERENT SYSTEMS OF FERTILIZERS ON MODULAR STRUCTURE OF ALLUVIAL MEADOW AND FOREST AND MEADOW-BROWN SOILS OF DRY SUBTROPICS OF AZERBAIJAN

G.M. Mammadov

Summary

The results of researches of structural-aggregate composition change of alluvial meadow-forest soils under vegetable crops (tomato) and irrigated meadow-brown soils under fruit crops depending on fertilizer system are presented at the article. Application

of organic fertilizer (cattle manure) improves the structural state of the investigated soils to the greatest extent – the content of agronomically valuable aggregates in the arable horizon increased by 17,6 % and 8,7 % in the subsurface layer compared with the control, the values of the coefficient of structure increased 1,3 times and amounted to 2,5 and 2,1 respectively.

The use of organo-mineral system of fertilizers (manure + nitrogen, phosphorus and potassium) has a positive impact on the structure of alluvial meadow-forest soils under vegetable crops. Application of 20 t/ha manure + N₆₀P₉₀K₁₂₀ also improved aggregate composition – increased the content of agronomically valuable aggregates in comparison with the control on 14,1 and 9,8 % in arable and subsurface layers respectively, and coefficient of structure – on 0,9 and 0,8 respectively.

Similar results were obtained on irrigated meadow-brown soils under fruit crops.

Поступила 21.07.17

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 633.1:631.559:631.82:631.446.24(476.6)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Ф.Н. Леонов, Т.Г. Синевич

*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Ведущая роль в комплексе мер по увеличению урожайности и регулированию качества получаемой продукции принадлежит научно обоснованному применению минеральных удобрений, в том числе фосфорных. Проблема фосфорного питания растений является одной из ключевых в земледелии Республики Беларусь ввиду низкой природной обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным фосфором и значительного снижения применения фосфорных удобрений из-за экономической ситуации. Содержание подвижного фосфора в почвах является весьма динамичным и зависит, в большей степени, от характера интенсификации земледелия [1, 3, 6]. Излишнее насыщение почвы фосфором ведет к дополнительным затратам дорогостоящих и остродефицитных фосфорных удобрений, в то время как недостаточная обеспеченность данным элементом питания влечет за собой недобор урожая культур и нерациональное использование других видов удобрений, прежде всего азотных [2].

Наряду с показателем продуктивности большое значение при возделывании сельскохозяйственных растений имеет химический состав полученной продукции, характеризующий пищевые и кормовые достоинства культур. Встречающиеся в научной литературе данные показывают, что химический состав зерна (в том числе белка) полевых культур в значительной степени изменяется в зависимости от агротехнических факторов возделывания, почвенно-климатических условий и сорта [5].

Нарушение оптимального питания растений вследствие несбалансированного применения удобрений может существенно ухудшить пищевые и технологические качества сельскохозяйственной продукции [4].

Цель исследований – установление влияния минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя, ярового рапса и овса, а также определение выноса основных элементов минерального питания урожаем данных культур при различных уровнях обеспеченности подвижными фосфатами легкосуглинистой почвы.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Установление влияния минеральных удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота ячмень–яровой рапс–овес проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различной степенью обеспеченности подвижным фосфором в два этапа: полевые опыты были заложены в СПК «Прогресс-Вертелишки» Гродненского района (2001–2003 гг.), а производственные испытания были проведены в 2015–2016 гг. в СПК «Озеры» Гродненского района (2015 г.) и в ОАО «Черлена» Мостовского района (2016 г.).

Почва опытного участка 1 в СПК «Прогресс-Вертелишки» со средней обеспеченностью подвижными фосфатами характеризовалась следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,4, содержание гумуса – 2,3 %, P_2O_5 – 184 мг, K_2O – 386 мг на кг почвы. Почва участка 2 с высоким содержанием подвижного фосфора имела следующие характеристики: pH_{KCl} – 5,7, содержание гумуса – 3,0 %, P_2O_5 – 425 мг, K_2O – 391 мг на кг почвы.

Схема опыта включала 10 вариантов в четырехкратной повторности (табл. 1–3). Общая площадь делянки 60 – м², учетная – 40 м². Агротехника возделывания культур соответствовала рекомендациям для Гродненской области.

Производственные опыты проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, которая характеризовалась следующими агрохимическими показателями: почва со средней обеспеченностью подвижным фосфором – содержание гумуса – 2,2–2,6 %, P_2O_5 – 163–220, K_2O – 210–340 мг/кг почвы, pH – 6,1–6,4; почва с высоким содержанием подвижного фосфора – содержание гумуса – 2,1–2,8 %, P_2O_5 – 400–424, K_2O – 220–350 мг/кг почвы, pH 6,1–6,5.

В производственных опытах включали четыре варианта удобрений:

1. $N_{120}K_{110}$ (зерновые культуры) и $N_{150}K_{110}$ (яровой рапс) – фон;
2. Фон + P_{40} ;
3. Фон + P_{60} ;
4. Фон + P_{100} .

Общая площадь делянки – 0,5 га, повторность в опыте – трехкратная, расположение делянок – рандомизированное.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований установлено, что на урожайность культур звена севооборота заметное влияние оказывали как вносимые минеральные удобрения, так и уровень обеспеченности почв подвижными фосфатами (табл. 1).

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений на урожайность культур звена севооборота в зависимости от обеспеченности почв подвижным фосфором, ц/га

Вариант	Яровой ячмень				Яровой рапс				Овес			
	уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2	
	уро-жай-ность	при-бав-ка	уро-жай-ность	при-бав-ка	уро-жай-ность	при-бав-ка	уро-жай-ность	при-бав-ка	уро-жай-ность	при-бав-ка	уро-жай-ность	при-бав-ка
1. Контроль (без удобрений)	29,0	–	32,4	–	16,9	–	20,1	–	30,3	–	34,5	–

Вариант	Яровой ячмень				Яровой рапс				Овес			
	уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2		уч. 1		уч. 2	
	уро- жай- ность	при- бав- ка	уро- жай- ность	при- бав- ка	уро- жай- ность	при- бав- ка	уро- жай- ность	при- бав- ка	уро- жай- ность	при- бав- ка	уро- жай- ность	при- бав- ка
2.* $\frac{N_{60}}{N_{80}}$	36,8	7,8	41,1	8,7	21,1	4,2	25,6	5,5	38,6	8,3	44,3	9,8
3.* $\frac{N_{60}K_{50}}{N_{80}K_{60}}$	38,6	9,6	43,3	10,9	22,1	5,2	27,0	6,9	41,4	11,1	46,8	12,3
4.* $\frac{N_{120}}{N_{150}}$	42,9	13,9	47,6	15,2	24,3	7,4	29,6	9,5	44,0	13,7	51,4	16,9
5.* Фон $\frac{N_{120}K_{110}}{N_{150}K_{110}}$	44,3	15,3	49,4	17,0	26,4	9,5	31,3	11,2	46,1	15,8	52,6	18,1
6. Фон + P ₂₀	45,7	16,7	51,3	18,9	27,7	10,8	32,8	12,7	48,1	17,8	54,7	20,2
7. Фон + P ₄₀	47,4	18,4	52,9	20,5	29,9	13,0	33,7	13,6	49,6	19,3	56,6	22,1
8. Фон + P ₆₀	50,0	21,0	53,0	20,6	30,9	14,0	34,8	14,7	53,3	23,0	55,9	21,4
9. Фон + P ₈₀	51,4	22,4	52,1	19,7	31,4	14,5	34,6	14,5	54,6	24,3	55,7	21,2
10. Фон + P ₁₀₀	51,5	22,5	50,7	18,3	31,7	14,8	34,8	14,7	54,8	24,5	55,2	20,7
HCP ₀₅	1,6		1,6		1,0		1,1		1,5		1,4	

* В числителе – доза удобрений под зерновые культуры, в знаменателе – под яровой рапс.

Так, увеличение обеспеченности почв подвижным фосфором со среднего (184 мг/кг) до высокого (425 мг/кг) способствовало повышению урожайности изучаемых культур: прибавка урожайности за счет почвенных фосфатов (в вариантах без применения минеральных удобрений) на ячмене составила 3,4 ц/га, яровом рапсе – 3,2 ц/га и на овсе – 4,2 ц/га. Эффективность азотно-калийного удобрения также повышалась по мере увеличения обеспеченности почвы подвижным фосфором. В среднем прибавка урожайности возросла на 0,9–1,7, 1,2–3,2 и 1,3–2,1 ц/га на ячмене, овсе и яровом рапсе соответственно.

На почве с содержанием подвижного фосфора 184 мг/кг максимальная прибавка урожая на всех культурах звена севооборота была достигнута в варианте с внесением 60 кг/га фосфора в составе полного минерального удобрения. При этом продуктивность ячменя составила 50,0 ц/га, ярового рапса – 30,9 ц/га, овса – 53,3 ц/га.

На почве с высоким содержанием подвижного фосфора оптимальным вариантом применения удобрений под зерновые культуры, обеспечивающим наибольшую прибавку урожайности, являлось внесение N₁₂₀P₄₀K₁₁₀. При этом урожайность ячменя составила 52,9 ц/га, овса – 56,6 ц/га. На посевах ярового рапса наиболее эффективным был вариант с применением фосфорных удобрений в дозе 60 кг/га на фоне N₁₅₀K₁₁₀, который обеспечил получение урожайности маслосемян на уровне 34,8 ц/га.

Полученные нами результаты нашли подтверждение при проведении производственных опытов. На почве с повышенной степенью обеспеченности подвижными фосфатами (163–220 мг/кг) применение фосфорных удобрений в дозе P₆₀ обеспечило максимальную урожайность ячменя (53,8 ц/га), ярового рапса

(24,2 ц/га) и овса (51,4 ц/га). На высокообеспеченной фосфором почве (400–424 мг/кг) получение урожайности зерна ячменя и овса на уровне 54,8 ц/га и 54,4 ц/га соответственно обеспечило внесение 40 кг/га фосфорных удобрений на фоне $N_{120}K_{110}$. На посевах ярового рапса максимальная урожайность (25,5 ц/га) была получена в варианте с внесением $N_{150}P_{60}K_{110}$.

При оценке качества зерна и семян культур звена севооборота особое внимание уделялось содержанию в них сырого протеина (табл. 2). В контрольных вариантах опыта содержание сырого протеина на почвах с различным содержанием подвижного фосфора практически не изменялось, что свидетельствует о том, что фосфатный уровень почв не оказывал заметного влияния на аккумуляцию белка в зерне и семенах изучаемых культур. Исследования показали, что наиболее существенное влияние на содержание сырого протеина в растениеводческой продукции оказало внесение азотных удобрений, которое повысило белковость (в среднем по двум фосфатным уровням) зерна ячменя на 0,5–1,6 %, овса – на 0,3–0,7 %, маслосемян ярового рапса – на 0,3–1,9 % в сравнении с контрольным вариантом.

Таблица 2

Влияние доз минеральных удобрений на содержание (%) и сбор (ц/га) сырого протеина (среднее за 2001–2003 гг.)

Вариант	Ячмень				Яровой рапс				Овес			
	содержание сырого протеина, %		сбор сырого протеина, ц/га		содержание сырого протеина, %		сбор сырого протеина, ц/га		содержание сырого протеина, %		сбор сырого протеина, ц/га	
	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2	уч. 1	уч. 2
1. Контроль (без удобрений)	9,4	9,3	2,7	3,0	19,2	20,5	3,2	4,1	8,9	9,2	2,7	3,2
2. N_{60} – зерновые N_{80} – яровой рапс	9,9	9,8	3,7	4,0	19,5	21,1	4,1	5,4	9,2	9,6	3,5	4,2
3. $N_{60}K_{50}$ – зерновые $N_{80}K_{60}$ – яровой рапс	9,8	9,8	3,8	4,3	20,3	21,2	4,5	5,7	9,0	9,4	3,7	4,4
4. N_{120} – зерновые N_{150} – яровой рапс	10,9	10,9	4,7	5,2	21,1	22,4	5,1	6,6	9,4	9,9	4,1	5,1
5. $N_{120}K_{110}$ – фон (зерновые) $N_{150}K_{110}$ – фон (яровой рапс)	11,0	10,6	4,9	5,2	21,2	22,7	5,6	7,1	9,3	9,6	4,3	5,0
6. Фон + P_{20}	10,9	10,6	5,0	5,4	21,3	22,7	5,9	7,4	9,4	9,5	4,5	5,2
7. Фон + P_{40}	11,2	10,4	5,3	5,5	21,1	22,4	6,3	7,5	9,4	9,5	4,7	5,4
8. Фон + P_{60}	11,3	10,2	5,7	5,4	21,1	22,2	6,5	7,7	9,4	9,7	5,0	5,4
9. Фон + P_{80}	10,9	10,3	5,6	5,4	20,6	21,5	6,5	7,4	9,5	9,5	5,2	5,3
10. Фон + P_{100}	10,2	10,1	5,3	5,1	20,4	21,2	6,5	7,4	9,5	9,6	5,2	5,3

Примечание. Уч. 1 – почва со средней обеспеченностью подвижным фосфором (184 мг/кг); уч. 2 – почва с высокой обеспеченностью подвижным фосфором (425 мг/кг).

Увеличение сбора сырого протеина на высокообеспеченной фосфором дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на 0,2–0,5 ц/га у ячменя, на 0,1–1,0 ц/га у овса и 0,8–1,6 ц/га у ярового рапса в сравнении с почвой со средним содержанием подвижных фосфатов происходит, в основном, за счет прибавки урожайности.

Таблица 3

Влияние обеспеченности почв подвижным фосфором и минеральных удобрений на затраты элементов питания на формирование 1 т основной с соответствующим количеством побочной продукции культуры звена севооборота (среднее за 2001–2003 гг.)

Вариант	Ячмень						Яровой рапс						Овес					
	участок 1 (184 мг/кг P ₂ O ₅)			участок 2 (425 мг/кг P ₂ O ₅)			участок 1 (184 мг/кг P ₂ O ₅)			участок 2 (425 мг/кг P ₂ O ₅)			участок 1 (184 мг/кг P ₂ O ₅)			участок 2 (425 мг/кг P ₂ O ₅)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль (без удобрений)	22,7	7,8	26,0	21,5	8,5	24,3	45,1	29,0	37,5	45,2	31,3	35,1	20,2	9,3	28,0	20,0	10,5	28,4
2. N ₆₀ – зерновые (N ₈₀ – яровой рапс)	23,7	8,3	27,1	22,0	9,8	23,5	44,3	28,1	35,5	44,2	28,4	31,4	20,6	9,4	31,3	20,1	10,6	28,4
3. N ₆₀ K ₆₀ – зерновые (N ₈₀ K ₆₀ – яровой рапс)	22,8	8,1	26,4	22,7	9,8	26,2	46,1	27,6	38,5	47,0	28,3	36,8	20,4	9,1	28,1	20,4	10,7	27,5
4. N ₁₂₀ – зерновые (N ₁₅₀ – яровой рапс)	24,6	8,4	27,0	24,1	10,1	27,4	48,5	28,9	36,3	47,4	27,8	31,5	21,8	9,3	27,5	21,8	11,5	25,2
5. N ₁₂₀ K ₁₁₀ – фон (зерновые) N ₁₅₀ K ₁₁₀ – фон (яровой рапс)	24,7	8,2	25,2	23,8	9,8	25,1	48,2	29,4	36,8	47,3	28,3	33,9	21,7	9,7	28,0	20,9	10,9	27,2
6. Фон + P ₂₀	23,5	8,7	25,0	23,6	9,8	25,4	47,8	30,1	36,0	47,4	29,5	29,1	21,2	10,0	27,5	20,8	10,8	28,1
7. Фон + P ₄₀	24,1	9,3	27,0	22,0	9,8	26,1	46,5	30,1	36,5	48,4	31,6	31,8	21,6	10,4	28,6	20,8	11,0	26,6
8. Фон + P ₆₀	24,1	10,0	26,5	22,9	9,8	26,0	46,9	30,1	32,8	47,7	31,4	34,2	21,1	10,7	28,5	19,8	10,7	24,8
9. Фон + P ₈₀	23,9	9,5	25,5	22,8	10,4	26,1	45,1	29,6	30,5	47,1	33,4	34,0	21,4	10,7	28,1	20,0	10,8	23,3
10. Фон + P ₁₀₀	22,6	9,4	26,3	22,8	10,5	25,1	45,0	30,2	33,9	45,7	32,0	32,4	21,4	10,4	28,0	19,9	10,7	29,1
Среднее	N 23,2; P ₂ O ₅ 9,3; K ₂ O 25,9 кг						N 46,6; P ₂ O ₅ 29,8; K ₂ O 34,2 кг						N 20,8; P ₂ O ₅ 10,4; K ₂ O 27,6 кг					

При проведении производственных опытов содержание сырого протеина в зависимости от варианта опыта варьировало в зерне ячменя в пределах 10,1–11,1 %, зерне овса – 9,7–10,0 %, семенах ярового рапса – 20,8–21,8 % и не коррелировало с фосфатным уровнем почвы.

Показатели выноса основных элементов питания с основной и побочной продукцией сельскохозяйственных культур находят широкое применение в агрохимической практике для расчета доз удобрений балансовым методом.

Рассчитанные нами параметры затрат элементов питания на формирование 1 т продукции изучаемых культур несколько отличаются от приведенных в справочных изданиях значений (табл. 3).

Усредненный нормативный вынос питательных элементов растениями ячменя (за три года) составил: азота 23,2 кг/т, фосфора – 9,3 кг/т, калия – 25,9 кг/т. Рассчитанные нами показатели (29,1; 11,9; 27,4 кг/т соответственно) значительно меньше справочных параметров. Аналогичные данные получены и по овсу: усредненный нормативный вынос по азоту составил 20,8 кг, фосфору – 10,4 кг, калию – 27,6 кг. В литературе же приведены следующие показатели: 25,9; 12,4 и 28,6 кг/т соответственно. Для ярового рапса рассчитанный удельный вынос фосфора был на уровне справочных значений (29,8 кг/т), азота – ниже (46,6 кг против 55 кг согласно справочным данным). Затраты калия на формирование 1 т маслосемян ярового рапса в наших опытах были выше в сравнении с литературными (34,2 кг против 30 кг соответственно).

При этом следует отметить, что ни повышение уровня обеспеченности почвы подвижными фосфатами, ни возрастающие дозы фосфорных удобрений не оказали существенного влияния на относительный вынос основных элементов питания на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции исследуемых культур.

ВЫВОДЫ

1. Максимальную продуктивность изучаемых культур на почве со средним содержанием подвижного фосфора обеспечило внесение 60 кг/га д.в. фосфорных удобрений на фоне $N_{120}K_{110}$ – на зерновых культурах и $N_{150}K_{110}$ – на яровом рапсе. Урожайность ячменя при этом составила 50,0 ц/га, овса – 53,3 ц/га, ярового рапса – 30,9 ц/га (2001–2003 гг.). В производственных опытах данный вариант удобрений обеспечил получение 53,8 ц/га зерна ячменя, 24,2 ц/га семян рапса и 51,4 ц/га овса. На почве с высокой степенью обеспеченности подвижным фосфором наиболее эффективным для зерновых культур был вариант с внесением P_{40} на фоне $N_{120}K_{110}$, а на посевах ярового рапса – P_{60} на фоне $N_{150}K_{110}$, обеспечивающие урожайность зерна ячменя и овса на уровне 52,9–56,6 ц/га и ярового рапса – 25,5–34,8 ц/га.

2. Содержание сырого протеина в зерне и семенах изучаемых культур в зависимости от вариантов опыта варьировало в пределах 9,3–11,3 % в зерне ячменя, 8,9–10,0 % в зерне овса и 19,2–22,7 % в семенах ярового рапса и определялось дозами азотных удобрений. Увеличение сбора сырого протеина при повышении степени обеспеченности почвы подвижными фосфатами основное произошло вследствие повышения урожайности исследуемых культур.

3. Относительный вынос элементов питания был практически стабилен во всех вариантах опыта и не изменялся в зависимости от содержания в почве подвижных фосфатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2009–2012) / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 276 с.
2. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв / В.И. Титова [и др.] // Агрохимический вестник. – 2011. – № 2. – С. 3–6.
3. *Ионас, В.А.* Система удобрения сельскохозяйственных культур / В.А. Ионас, И.Р. Вильдфлуш, С.П. Кукреш. – Минск: Ураджай, 1998. – 287 с.
4. *Панников, В.Д.* Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.
5. *Путятин, Ю.В.* Сравнительный анализ состава незаменимых аминокислот в продукции кормовых культур / Ю.В. Путятин, Д.В. Маркевич, О.М. Таврыкина // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 229–236.
6. Система применения удобрений: учебник / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 440 с.

EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON CROP YIELD AND QUALITY OF A CROP ROTATION LINK DEPENDING ON THE CONTENT OF MOBILE PHOSPHORUS IN SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

F.N. Leonov, T.G. Sinevich

Summary

The optimal rates of fertilizers for spring rape, barley and oats have been found in course of field experiments on sod-podzolic light loamy soil with two contrast contents of mobile phosphates. The crude protein content in the harvested crop products was determined, as well as the removal of main nutrients per unit of grain yield was calculated.

Поступила 28.11.2017

ПОТРЕБЛЕНИЕ РАСТЕНИЯМИ АЗОТА И ЕГО БАЛАНС НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ РАЗНОЙ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Н.Н. Цыбулько¹, С.С. Пунченко¹, А.М. Устинова¹,
В.Б. Цырибко¹, И.И. Жукова²

¹*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный педагогический университет,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Азотное питание растений является ведущим фактором в интенсификации продукционного процесса сельскохозяйственных культур. Потребность растений в азоте удовлетворяется за счет почвенных запасов и применения азотных удобрений. Основным источником возмещения дефицита азота является применение азотных удобрений, которые обеспечивают повышение урожайности зерновых культур на 20–40 % и более, увеличивают содержание белка в зерне на 2–3 %. Наибольшую значимость приобретает изучение динамики и направленности внутрипочвенной трансформации азотистых соединений и баланса азота на эродированных почвах, поскольку отрицательное влияние эрозии на более сильно сказывается на плодородии почвы. Потери элементов питания в результате водной эрозии зависят от ее интенсивности и использования склоновых земель. С жидким стоком и смываемой почвой теряется до 250–450 кг/га гумуса, 5–20 азота, 5–15 – фосфора, 5–15 – калия, 5–25 – кальция, 2–10 кг/га – магния [1, 2].

Эрозионные процессы, приводя к смыву гумусового слоя и вовлечению в обработку иллювиального горизонта, значительно усугубляют данную проблему. С повышением эродированности почв, с одной стороны, существенно снижаются в них запасы общего и минерального азота, а с другой – увеличиваются потери его с процессами эрозии, что приводит к необходимости применения повышенных доз азотных удобрений.

Система применения азотных удобрений в эрозионных агроландшафтах должна быть дифференцированной и адаптированной к разным типам земель, обеспечивая минимальные потери азота и эффективное его использование. Эти требования к применению азота могут быть реализованы при детальной оценке баланса его с учетом разнообразия элементов рельефа и степени смывости почв.

Цель исследований заключалась в изучении динамики потребления и баланса азота в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности в зависимости от применения дифференцированных доз азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2012–2014 гг. на стационаре «Стоковые площадки» Института почвоведения и агрохимии, расположенном на выпуклом склоне южной экспозиции крутизной 5–7°. Стоковые площадки расположены по геоморфологическому профилю от водораздельной равнины до подножья склона. Объектом исследований являлись дерново-подзолистые легкосуглинистые несмытая, среднесмытая и сильносмытая почвы. Агрохимические показатели почв: незэродированная почва – pH_{KCl} – 5,74, гумус – 1,83 %, общий азот – 967 мг/кг, подвижный фосфор и калий – 284 и 269 мг/кг соответственно; среднеэродированная почва – pH_{KCl} – 5,53, гумус – 1,78 %, общий азот – 689 мг/кг, подвижный фосфор и калий – 277 и 263 мг/кг соответственно; сильноэродированная почва – pH_{KCl} – 5,52, гумус – 1,29 %, общий азот – 661 мг/кг, подвижный фосфор и калий – 272 и 215 мг/кг соответственно.

Возделывали озимую пшеницу сорта Богатка. Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные удобрения (калий хлористый) вносили перед посевом, азотные удобрения (карбамид) – в начале весенней вегетации и в подкормку в фазу выхода в трубку растений. Схема опыта предусматривала изучение доз азотных удобрений на почвах разной эродированности. В вариантах 2 дозы азота дифференцированы для незэродированной и эродированных почв от 100 до 130 кг/га действующего вещества, в вариантах 3 применяли среднюю дозу азота 110 кг/га независимо от эродированности почвы (табл. 1).

Таблица 1

Схема полевого опыта

Эродированность почвы	Варианты опыта	Дозы и сроки применения удобрений
Незэродированная	1	$P_{40}K_{70}$ – фон
	2	Фон + N_{100} (80 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)
	3	Фон + N_{110} (90 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)
Среднеэродированная	1	$P_{40}K_{70}$ – фон
	2	Фон + N_{120} (90 в начале весенней вегетации + 30 в фазу выхода в трубку)
	3	Фон + N_{110} (90 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)
Сильноэродированная	1	$P_{40}K_{70}$ – фон
	2	Фон + N_{130} (90 в начале весенней вегетации + 40 в фазу выхода в трубку)
	3	Фон + N_{110} (90 в начале весенней вегетации + 20 в фазу выхода в трубку)

Повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Агрохимические показатели почв определяли: гумус – по ГОСТ 26212–91 [3]; $pH_{(KCl)}$ – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [4]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [5], общий азот – по ГОСТ 26107-84 [6].

Хозяйственный (B_x) и удельный вынос (B_n) азота рассчитывали по формулам (1) и (2) [7]:

$$B_x = Y_{c.o} \cdot C_o + Y_{c.p} \cdot C_p; \quad (1)$$

$$B_H = B_x \cdot 10 / Y_{CT} \quad (2)$$

где $Y_{C.O.}$, $Y_{C.п}$ – урожайность сухого вещества основной и побочной продукции соответственно, т/га; C_o , C_n – содержание элемента питания в сухом веществе основной и побочной продукции соответственно, %; Y_{CT} – урожайность основной продукции, т/га.

Баланс азота в почве определяли по принятой методике [8] (формула (3)):

$$B_N = (П_{my} + П_o + П_c + П_n) - (P_{вын} + P_{выщ} + P_{эр} + P_r), \quad (3)$$

где B_N – баланс азота, кг/га; $П_{my}$ – приход азота с минеральными удобрениями; $П_o$ – поступление азота с осадками; $П_c$ – приход азота с семенами; $П_n$ – поступление азота с несимбиотической фиксацией; $P_{вын}$ – вынос азота с урожаем сельскохозяйственных культур; $P_{выщ}$ – потери азота при выщелачивании; $P_{эр}$ – потери азота с эрозией почв; P_r – газообразные потери азота.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались. По степени увлажнения 2012 г. характеризовался избыточным увлажнением с ГТК 2,04, а 2013 и 2014 годы – хорошей увлажненностью с ГТК 1,52 и 1,50 соответственно.

Анализ содержания азота в растениях озимой пшеницы и динамики формирования надземной биомассы в онтогенезе показал, что основная часть азота потребляется озимой пшеницей в период от всходов до фазы колошения. В фазу созревания наблюдается снижение потребления растениями данного макроэлемента. Так, на незеродированной почве в фазу трубкования величина потребления азота в варианте $P_{40}K_{70}$ составила 4,35 г/м², в фазу колошения – 12,09 г/м². К фазе созревания наблюдалось снижение поглощения азота, которое составило 8,84 г/м² (рис. 1).

На эродированных почвах проявлялись те же закономерности в динамике потребления азота озимой пшеницей, как и на незеродированной почве – основная часть его поглощалась растениями от всходов до фазы колошения. Однако вынос азота с надземной биомассой на этих почвах по всем фазам роста и развития растений был ниже по сравнению с незеродированной почвой. Так, на фоне $P_{40}K_{70}$ величина выноса азота на средне- и сильносмытой почвах составила соответственно в фазу трубкования 2,92 и 2,19 г/м², в фазу колошения – 9,48 и 7,88 и в фазу созревания – 6,31 и 5,47 г/м². В целом на среднесмытой почве по сравнению с несмытой она была ниже по фазам роста и развития растений на 22–33 % (в среднем на 29 %), на сильносмытой почве – на 35–50 (в среднем на 41 %).

Азотные удобрения способствовали существенному увеличению выноса азота с надземной биомассой озимой пшеницы. Так, применение перед посевом пшеницы на незеродированной почве N_{80} , а на средне- и сильноэродированных почвах по N_{90} (вариант 2) повысило по отношению к фосфорно-калийному фону величину потребления азота растениями в фазу трубкования в 2,1–2,7 раза.

Следует отметить, что доза предпосевного внесения азотных удобрений на эродированных почвах была выше на 10 кг/га по сравнению с незеродированной, однако вынос элемента с надземной биомассой на этих почвах был ниже в среднем на 30–36 %. Это обусловлено более высоким плодородием почвы, не подверженной водной эрозии и содержанием в ней минеральных соединений азота.

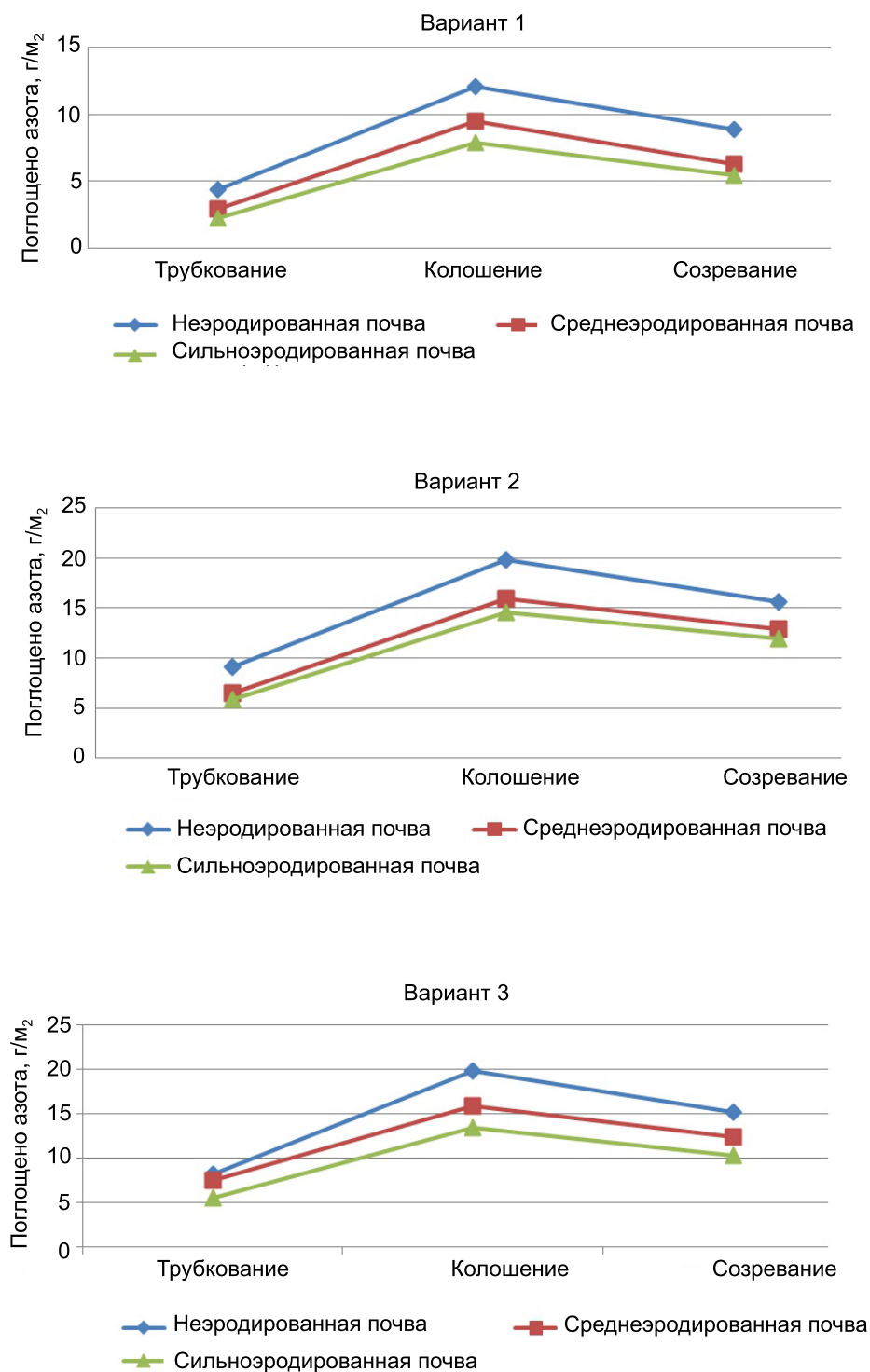


Рис. 1. Динамика потребления азота растениями озимой пшеницы по фазам их роста и развития

В варианте 3, где в основное внесение доза азотных удобрений составляла 90 кг/га на всех по степени эродированности почвах, вынос растениями азота в фазу трубкования на средне- и сильноэродированной почвах был ниже по отношению к неэродированной соответственно на 8 и 32 %.

Азотные подкормки посевов озимой пшеницы в фазу трубкования растений в дозах на неэродированной почве N_{20} , на среднеэродированной – N_{20-30} и на сильноэродированной почве – N_{20-40} способствовало существенному повышению выноса азота в фазу колошения.

Показателями, характеризующими режим азотного питания растений, агрономическую и экологическую целесообразность применения азотных удобрений являются: биологический и удельный вынос азота с урожаем основной и побочной продукции или величина потребления (поглощения) азота; коэффициент использования азота удобрений ($KI_{уд}$).

Величина относительного участия азота почвы и удобрений в выносе этого элемента урожаем сельскохозяйственных культур существенно зависит от ряда факторов. Принято считать, что чем выше окультуренность почвы, тем доленое участие азота удобрений в общем выносе азота урожаем снижается [9]. Доля азота почвы в выносе элемента с урожаем обычно выше, чем из удобрений, и может достигать 84–85 % [8].

Полученные данные свидетельствуют о преимущественном значении почвенного азота в питании растений и формировании урожая озимой пшеницы. В целом в выносе азота урожаем основной и побочной продукции азот удобрений ($N_{уд}$) занимал от 22 до 28 %, почвенный азот – от 72 до 78 % (табл. 2).

Таблица 2

Потребление азота почвы и удобрений озимой пшеницей в зависимости от доз азотных удобрений и эродированности почвы (в среднем за 2012–2014 гг.)

Вариант опыта	Всего, кг/га	В том числе азот, кг/га		$N_{уд}$ в общем выносе, %	$KI_{уд}$, %
		почвы	удобрений		
<i>Неэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	88,4	88,4	–	–	–
2. $N_{100}P_{40}K_{70}$	152,0	115,7	36,2	24	36
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	156,4	122,1	34,3	22	31
<i>Среднеэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	63,1	63,1	–	–	–
2. $N_{120}P_{40}K_{70}$	128,5	95,7	32,8	26	27
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	123,6	88,5	35,0	28	32
<i>Сильноэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	54,7	54,7	–	–	–
2. $N_{130}P_{40}K_{70}$	119,5	90,9	28,6	24	22
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	102,7	75,2	27,5	27	25

На неэродированной почве удельный вес азота удобрений составлял 22–24 %, почвенного азота – 76–78 %. С увеличением эродированности почвы возрастала роль азота удобрений в питании растений и формировании урожая. Так, на

средне- и сильноэродированной почвах доля его в общем выносе с основной и побочной продукцией составила 26–28 и 24–27 % соответственно.

Исследования с мечеными изотопом ^{15}N азотными удобрениями показали, что коэффициент использования азота удобрений сельскохозяйственными культурами на разных почвах колеблется от 12 до 70 % [10]. При обобщении результатов 289 опытов установлено, что этот показатель составляет в среднем 43 % [11]. К числу причин, снижающих коэффициент использования азота удобрений можно отнести: внесение азотных удобрений в дозах, несоответствующих физиологической потребности растений в азоте; высокая растворимость и быстрое превращение в почве выпускаемых форм азотных удобрений, приводя к потерям и уменьшению запасов соединений азота в почве.

На величину коэффициента использования азота значительное влияние оказывают дозы и сроки внесения азотных удобрений. При дробном внесении азота под зерновые культуры коэффициент его использования увеличивается на 3–21 % по сравнению с разовым применением [12–14].

В наших исследованиях коэффициент использования азота зависел от доз азотных удобрений, а эродированность почвы не оказала влияния на данный показатель. Так, в варианте 3, где на всех по степени смытости почвах вносили одинаковую дозу азота (N_{110}) $\text{KI}_{\text{уд}}$ составил 25–32 %. В варианте 2 с дифференцированным по склону применением удобрений наблюдалось снижение коэффициента использования азота с 36 % при дозе N_{100} на неэродированной почве до 22 % при дозе N_{130} на сильноэродированной почве.

Поскольку долевое участие азотных удобрений в формировании урожая основной и побочной продукции ниже, чем почвенного азота, то возникает вопрос, каким образом они способствуют существенному росту продуктивности сельскохозяйственных культур? Установлено, что азот удобрений в большей мере расходуется на образование зерна, чем соломы. В зерне может концентрироваться от 68 до 72 % всего поглощенного растениями азота удобрений, а в отдельные годы до 85 % общего выноса ^{15}N .

Установлено, что в общем выносе азота с основной (зерно) и побочной (солома) продукцией озимой пшеницы с зерном его потребляется от 78 до 89 %. Соотношение азота в зерне и соломе зависело от применения азотных удобрений, а эродированность почвы не оказала существенно влияния на этот показатель. Наблюдалась только тенденция увеличения удельного веса азота в зерне с повышением степени смытости почвы. В вариантах $\text{P}_{40}\text{K}_{70}$ вынос азота с основной продукцией составлял 88–89 %, а вариантах с применением азотных удобрений – 78–82 % (табл. 3).

Удельный вынос азота с 1 тонной продукции (B_n) озимой пшеницы изменялся по вариантам опыта и эродированности почвы. С увеличением степени смытости почвы он снижался. Так, в варианте $\text{P}_{40}\text{K}_{70}$ на несмытой почве B_n составил 15,1 кг/т, на среднесмытой почве – 12,3 и на сильносмытой почве – 12,0 кг/т. При внесении азотных удобрений величина удельного выноса азота возрастала и колебалась в пределах 19,4–20,4 кг/т на неэродированной почве и 16,2–16,5 кг/т – на сильноэродированной почве.

Важной характеристикой эффективности использования удобрений является оценка состояния баланса элементов питания в системе почва–растение–удобрение. Показатели баланса отражают пути превращения и расхода элементов минерального питания растений. В практике наиболее широко применяется хо-

заявленный баланс, который определяется по валовому поступлению и отчуждению элементов питания.

Таблица 3

Вынос азота с основной и побочной продукцией озимой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений на почвах разной эродированности (в среднем за 2012–2014 гг.)

Вариант опыта	Общий вынос, кг/га	В том числе, кг/га		Азот в зерне, % от общего выноса	V _н , кг/т продукции
		зерном	соломой		
<i>Неэродированная почва</i>					
1. P ₄₀ K ₇₀	88,4	78,5	9,9	89	15,1
2. N ₁₀₀ P ₄₀ K ₇₀	156,4	127,8	28,6	82	19,4
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	152,0	120,7	31,2	79	20,4
<i>Среднеэродированная почва</i>					
1. P ₄₀ K ₇₀	63,1	55,5	7,6	88	12,3
2. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₇₀	128,5	100,4	28,1	78	17,0
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	123,6	97,0	26,6	78	17,8
<i>Сильноэродированная почва</i>					
1. P ₄₀ K ₇₀	54,7	48,9	5,7	89	12,0
2. N ₁₃₀ P ₄₀ K ₇₀	119,5	94,4	25,1	79	16,5
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	102,7	84,1	18,6	82	16,2

В наших исследованиях в структуре баланса основная часть поступления азота в почву приходилась на азотные удобрения (Π_{м.у}) – 100–130 кг/га, или 73–79 % (табл. 4). Поступление азота с атмосферными осадками (Π_о) по многолетним данным составляет 9,4 кг/га, с семенами (Π_с) – 3,0 кг/га. Для дерново-подзолистых почв средний норматив несимбиотической азотфиксации (Π_н) 15 кг/га [15].

Таблица 4

Структура баланса азота в системе почва-растение при возделывании озимой пшеницы (в среднем за 2012–2014 гг.)

Вариант опыта	Приход азота, кг/га		Расход азота, кг/га	
	Π _{м.у}	Π _о +Π _с +Π _н	P _{вын}	P _{выщ} +P _{зр} +P _г
<i>Неэродированная почва</i>				
1. P ₄₀ K ₇₀	0	27,4	88,4	16,0
2. N ₁₀₀ P ₄₀ K ₇₀	100	27,4	156,4	41,0
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	110	27,4	152,0	43,5
<i>Среднеэродированная почва</i>				
1. P ₄₀ K ₇₀	0	27,4	63,1	26,0
2. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₇₀	120	27,4	128,5	56,0
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	110	27,4	123,6	53,5
<i>Сильноэродированная почва</i>				
1. P ₄₀ K ₇₀	0	27,4	54,7	31,0
2. N ₁₃₀ P ₄₀ K ₇₀	130	27,4	119,5	63,5
3. N ₁₁₀ P ₄₀ K ₇₀	110	27,4	102,7	58,5

Главной расходной статьей баланса азота является вынос его с урожаем основной и побочной продукции ($P_{\text{вын}}$). При выщелачивании ($P_{\text{выщ}}$) теряется в среднем 16 кг/га, потери с эрозией ($P_{\text{эр}}$) на среднеэродированных почвах – 10 кг/га, на сильноэродированных – 15 кг/га. Газообразные потери азота ($P_{\text{г}}$) составляют 25 % от внесенной дозы азота.

Результаты расчета баланса азота при возделывании озимой пшеницы на почвах разной эродированности показали, что в почвах складывался отрицательный баланс элемента. Наиболее высокий дефицит азота отмечался в вариантах, где вносили только фосфорные и калийные удобрения. Интенсивность баланса (отношение прихода элемента к его расходу, выраженное в процентах) составила всего 26–32 %. Применение азотных удобрений в дозе N_{110} способствовало, особенно на эродированных почвах, значительному снижению дефицита азота и повышению интенсивности его баланса. На среднеэродированной почве увеличение дозы до 120 кг/га и на сильноэродированной – до 130 кг/га не привело к заметному улучшению обеспеченности в азоте и повышению интенсивности баланса элемента (табл. 5).

Таблица 5

**Баланс азота в системе почва-растение при возделывании озимой пшеницы
(в среднем за 2012–2014 гг.)**

Вариант опыта	Приход, кг/га	Расход, кг/га	Баланс, кг/га	Интенсивность баланса, %	Балансовый коэффициент, %
<i>Неэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	27,4	104,4	-77,0	26	–
2. $N_{100}P_{40}K_{70}$	127,4	197,4	-70,0	65	156
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	137,4	195,5	-58,1	70	138
<i>Среднеэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	27,4	89,1	-61,7	31	–
2. $N_{120}P_{40}K_{70}$	147,4	184,5	-37,1	80	107
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	137,4	177,1	-39,7	78	112
<i>Сильноэродированная почва</i>					
1. $P_{40}K_{70}$	27,4	85,7	-58,3	32	–
2. $N_{130}P_{40}K_{70}$	157,4	183,0	-25,6	86	92
3. $N_{110}P_{40}K_{70}$	137,4	161,2	-23,8	85	93

Одним из показателей оценки обеспеченности растений в элементах минерального питания является балансовый коэффициент (коэффициент выноса), представляющий отношение выноса (кг/га) элементов питания растениями к их внесению (кг/га) с удобрениями, выраженный в процентах.

Наиболее высокие значения балансового коэффициента получены на неэродированной почве – 138–156 %, то есть вынос азота с урожаем превышал поступление с азотными удобрениями на 38–56 %. На среднеэродированной почве этот показатель составил 7–12 %. На сильноэродированной почве вынос элемента с урожаем был на 7–8 % ниже, чем дозы азотных удобрений.

Формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия проводится для определенных агроэкологических типов и групп земель, характеризующихся однородными условиями для возделывания культуры или групп культур. В свою очередь построение агроэкологических типов и групп земель осуществляется из

первичных элементов агроландшафта. В качестве первичного элемента агроландшафта рассматривается элементарный ареал агроландшафта, под которым понимается земельный участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом или элементарной почвенной структурой [10].

Почвенные катены в условиях эрозионных агроландшафтов могут иметь различные соотношения площадей почв разной степени смытости в зависимости от крутизны, длины и экспозиции склона. Поэтому в производственных условиях представляется технологически сложным внесение удобрений под сельскохозяйственную культуру, дифференцируя их дозы по элементам рельефа, то есть по степени смытости почвы.

На основе экспериментальных данных, полученных на разных частях склонового агроландшафта (на плакоре, в верхней и средней частях склона), определены средневзвешенные значения баланса азота при внесении азотных удобрений по всей почвенной катене. Условно были приняты земельные массивы (поля, рабочие участки), представленные короткими склонами с преобладанием плакорной части над склоновой (соотношение плакора к склоновой части 75% : 25%), со средней длиной склона (соотношение плакора к склоновой части 50% : 50%) и с длинными склонами при преобладании склоновой части (соотношение плакора к склоновой части 25% : 75%). На рис. 2 приведены результаты определения интенсивности баланса азота и балансовые коэффициенты.

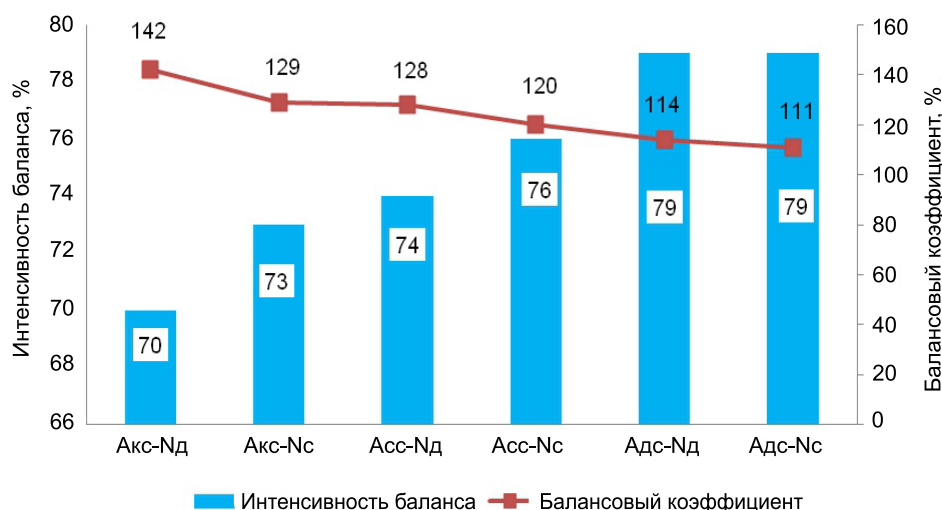


Рис. 2. Интенсивность баланса азота и балансовые коэффициенты при внесении азотных удобрений под озимую пшеницу в системе почвенно-эрозионной катены:

Акс, Асс и Адс – соответственно агроландшафты с преобладанием плакорной части над склоновой, равным соотношением плакорной и склоновой частей, с преобладанием склоновой части над плакорной; Нд и Нс – соответственно азотные удобрения применялись в дифференцированных и средних дозах по элементам эрозионного агроландшафта

Установлено, что в эрозионном агроландшафте с дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами в системе почвенной катены при преобладании плакорной части над склоновой частью интенсивность баланса азота практически не различается при внесении средних и дифференцированных по элементам склона

доз азотных удобрений, балансовый коэффициент при внесении средних доз азотных удобрений ниже на 13 % по сравнению с дифференцированным применением азотных удобрений.

В эрозионных ландшафтных массивах при равном соотношении плакорной и склоновой частей при внесении средних и дифференцированных по элементам склона доз азотных удобрений интенсивность баланса составила 74–76 %, балансовый коэффициент при внесении средних доз азотных удобрений снизился на 8 %.

При преобладании склоновой части над плакорной интенсивность баланса азота составила 79 %, балансовый коэффициент снизился всего на 3 % при внесении средних по элементам склона доз азотных удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Основная часть азота потребляется озимой пшеницей в период от всходов до фазы колошения. Вынос его с надземной биомассой на средне- и сильноэродированных почвах ниже по сравнению с незэродированной почвой в среднем на 20 и 30 % соответственно.

2. В выносе азота урожаем основной и побочной продукции азот удобрений занимает от 22 до 28 %, почвенный азот – от 72 до 78 %. С увеличением эродированности почвы возрастает роль азота удобрений в питании растений и формировании урожая. На средне- и сильноэродированных почвах доля его в общем выносе составляет соответственно 28 и 27 %. Коэффициент использования азота зависит от доз азотных удобрений, эродированность почвы несущественно влияет на этот показатель.

3. В общем выносе азота озимой пшеницей с зерном его потребляется от 78 до 89 %. Соотношение элемента в зерне и соломе зависит от доз применяемых азотных удобрений, а эродированность почвы не оказывает существенного влияния. Удельный вынос азота с 1 т продукции снижается с увеличением эродированности почвы.

4. При внесении только фосфорных и калийных удобрений отмечается высокий дефицит азота в питании озимой пшеницы, интенсивность баланса составляет 26–32 %. Применение азотных удобрений способствует, особенно на эродированных почвах, значительному снижению дефицита элемента. В эрозионном агроландшафте в системе почвенной катены при преобладании плакорной части над склоновой, а также при равном соотношении плакорной и склоновой частей и при преобладании склоновой части над плакорной внесение азотных удобрений в дифференцированных дозах не приводило к улучшению условий азотного питания растений озимой пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потери гумуса и макроэлементов, вызываемые водной эрозией, из дерново-палево-подзолистых почв Белоруссии / В. В. Жилко [и др.] // Агрохимия. – 1999. – № 10. – С. 41–46.

2. Жукова, И.И. Развитие эрозионных процессов на дерново-подзолистых пылеватосуглинистых почвах Центральной провинции Беларуси при возделывании различных сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / И.И. Жукова; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – 18 с.

3. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26213-91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
4. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение рН по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483-85. – Введ. 07.01.86. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
5. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207-91. – Введ. 07.01.93. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
6. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107-84. – Введ. 07.01.85. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
7. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; ред. В. В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
8. *Цыбулько, Н.Н.* Использование зерновыми культурами азота почвы и удобрений / Н.Н. Цыбулько, Д.В. Киселева, И.И. Жукова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 2. – С. 36–41.
9. *Семененко, Н.Н.* Азот в земледелии Беларуси / Н.Н. Семененко, Н.В. Невмержицкий. – Минск: Хата, 1997. – 196 с.
10. *Семенов, В.М.* Слагаемые эффективности азотных удобрений в системе почва–растение и критерии их количественной оценки / В.М. Семенов // Агрохимия. – 1999. – № 5. – С. 25–32.
11. *Hauck, R.D.* Nitrogen fertilizers effects on nitrogen cycle processes / R.D. Hauck // Terrestrial nitrogen cycles: Ecol. Bull. Stockholm. – 1981. – № 33. – P. 551–562.
12. *Кудеяров, В.Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
13. *Семененко, Н.Н.* Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н.Н. Семененко. – Минск: Хата, 2003. – 164 с.
14. *Цыбулько, Н.Н.* Баланс азота удобрений в системе почва – растение под зерновыми культурами на дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.Н. Цыбулько, Д.В. Киселева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2 (41). – С. 145–155.
15. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2007. – 26 с.

NITROGEN CONSUMPTION BY PLANTS AND ITS BALANCE IN SOD-PODZOLIC SOILS OF DIFFERENT EROSION DEGREE IN THE PROCESS OF WINTER WHEAT CULTIVATION

N.N. Tsybulko, S.S. Punchenko, A.M. Ustinova, V.B. Tsyribko, I.I. Zhukova

Summary

Consumption of the main part of nitrogen by winter wheat plants occurs in the period from shoots to the phase of earing. Its removal from above-ground biomass at average- and highly-eroded soil is lower in comparison with non-eroded soil on average by 20 and 30 %, respectively. Nitrogen fertilizer occupies from 22 to 28 % in the removal of nitrogen by the harvest of basic and by-products, while soil nitrogen – from 72 to 78 %. With increasing soil erosion, the role of fertilizer nitrogen in plant nutrition and harvest formation increases. On medium- and heavily eroded soil, its share in total removals

is 28 and 27 %, respectively. In total removal of nitrogen by winter wheat with its grain consumes from 78 to 89 %. The specific removal of nitrogen from 1 ton of production decreases with increase in erodibility of the soil. When applying only phosphorus and potassium fertilizers, there is a high nitrogen deficit in winter wheat nutrition – the intensity of the balance is 26–32 %. The use of nitrogen fertilizers promotes, especially on eroded soils, to a significant reduction in the deficit of the element.

Поступила 28.09.2017

УДК 631.89:631.811.98:[633.11³²⁴+633.162+635.21]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ И КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

И.Р. Вильдфлуш, О.И. Мишура, Е.Л. Ионас, С.Р. Чуйко

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большое внимание уделяется внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из приемов снижения энергетических затрат и повышения экономической эффективности является использование комплексных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания для конкретных сельскохозяйственных культур [1–3].

В исследованиях Г.В. Пироговской с соавторами применение комплексных NPK удобрений с S, B и Cu на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве увеличивало урожайность клубней картофеля по сравнению с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах без микроэлементов на 53–174 ц/га [4].

Микроэлементы выполняют важнейшие функции в жизнедеятельности растений и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур [5, 6, 7].

В настоящее время разработаны новые формы микроудобрений в хелатной и органо-минеральной форме, эффективность которых значительно выше, чем простых солей [8]. Повысить эффективность применения микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые хорошо совместимы с регуляторами роста растений. При этом первостепенное значение имеют регуляторы роста природного происхождения (Экосил, гуматы и др.), которые имеют преимущества, поскольку они включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [9].

На современном этапе сельскохозяйственного производства ставится задача в любых погодных условиях получать высокие урожаи. Большая роль в повышении продуктивности и улучшении качества сельскохозяйственных культур принадлежит биологически активным веществам. Их применение позволяет существенно повысить устойчивость к неблагоприятным факторам среды [10, 11].

Цель исследования – установить влияние комплексных, микроудобрений и регуляторов роста на урожайность, качество озимой пшеницы, пивоваренного ячменя, картофеля и дать оценку их экономической эффективности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились с озимой пшеницей, пивоваренным ячменем и картофелем на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на среднекультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком.

Почва опытных участков с озимой пшеницей имела близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH_{KCl} 6,1–6,2), среднее содержание гумуса (1,68–1,70 %), повышенное – подвижных форм фосфора (225–227 мг/кг), среднее – подвижного калия (185–186 мг/кг), а также низкую и среднюю обеспеченность подвижной медью (1,5–2,0 мг/кг). В опытах использовали подстилочный навоз КРС (N – 0,48–0,52 %, P_2O_5 – 0,20–0,22 % и K_2O – 0,55–0,59 %). Исследования проводили с сортом озимой пшеницы Богатко.

В основное внесение удобрений применялись аммофос, хлористый калий, подкормка озимой пшеницы проводилась карбамидом, с возобновлением вегетации, в фазе начала выхода в трубку и фазе флагового листа. Изучалось также твердое комплексное удобрение для озимых зерновых культур (N – 5 %, P_2O_5 – 16 %, K_2O – 35 %, Cu – 0,3 % и Mn – 0,25 %), разработанное РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Для некорневой подкормки растений озимой пшеницы в фазе начала выхода в трубку применялось польское комплексное удобрение Эколист Зерновые (N – 10,5 %, K_2O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, а также микроудобрение Адоб Медь (жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,43 % Cu, 9 % N, и 3 % магния) в дозе 0,8 л/га. В фазе начала выхода в трубку посевы обрабатывались МикроСтим-Медь Л (медь 78,0 г/л, азот 65,0 г/л, 0,6–5,0 мг/л гуминовые вещества) и МикроСил-Медь Л (медь 78,0 г/л, азот 65 г/л и Экосил 30 мл/л) в дозе 1 л/га.

Регулятор роста Экосил использовали в дозе 75 мл/га в фазе начала выхода в трубку. Экосил – природный комплекс тритерпеновых кислот, экстракт хвои пихты сибирской. Представляет собой сложную смесь тритерпеновых кислот, причем многие из них существуют в различных формах.

Содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы рассчитывали умножением общего азота на коэффициент 6,25. Сырую клейковину определяли методом отмыва теста водой.

Общая площадь делянки с озимой пшеницей – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная. Норма высева семян – 5,0 млн/га.

В 2011–2013 гг. были проведены полевые опыты с пивоваренным ячменем сорта Бровар, который высевался с нормой высева семян 5,0 млн/га.

В опытах применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, КАС, новое комплексное удобрение (АФК форма 10-19-25 с 0,25 % Cu и 0,2 % Mn) для пивоваренного ячменя, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии Беларуси.

Некорневые подкормки пивоваренного ячменя в фазе начала выхода в трубку проводились жидким комплексным удобрением Эколист 3 (N – 10,5 %, K₂O – 5,1 %, MgO – 2,5 %, B – 0,38 %, Cu – 0,45 %, Fe – 3,07 %, Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016 %, Zn – 0,14 %) в дозе 3 л/га, регулятором роста Фитовитал, водорастворимый концентрат (д.в.: янтарная кислота, 5 г/л; сопутствующие компоненты: комплекс микроэлементов – Mg, Cu, Fe, Zn, B, Mn, Mo, Co, Li, Br, Al, Ni) в дозе 0,6 л/га и комплексным удобрением с регулятором роста МикроСтим медь Л (медь 78 г/л, азот 65 г/л, гуминовые вещества 0,6–5,0 мг/л) в дозе 1 л/га. В фазе начала выхода в трубку на ячмене проводилась обработка регулятором роста Экосил в дозе 50 мл/га.

Почва опытных участков с ячменем имела слабокислую реакцию (рН_{KCl} 5,7–6,0), среднее содержание гумуса (1,66–1,70 %), повышенное содержание подвижного фосфора (186–225 мг/кг), среднее и повышенное содержание подвижного калия (186–240 мг/кг), среднюю обеспеченность подвижной медью (1,7–2,2 мг/кг) и низкую – подвижным цинком (1,7–2,3 мг/кг). Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная.

Исследования с картофелем проводились в 2014–2016 гг. В качестве объекта выступали новые сорта картофеля: среднеранний Манифест и среднепоздний Вектар, внесенные в Госреестр Беларуси.

Предшественником картофеля были зерновые культуры. Общая площадь делянки – 25,2 м², учетной – 16,8 м², повторность в опыте – четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное. Посадку картофеля проводили в 2014 г. – 12 мая, в 2015 и 2016 гг. – 6 мая, четырехрядной картофелесажалкой КСМ-4, семенными клубнями 35–55 мм. Глубина посадки 8–10 см. Способ посадки – гребневой.

Почва опытного участка имела низкое и среднее содержание гумуса (1,2–1,7 %), кислую и слабокислую реакцию почвенной среды (рН_{KCl} 5,1–5,8), высокое содержание подвижных форм фосфора (262–318 мг/кг), среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием (173,3–214,5 мг/кг), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,54–2,13 мг/кг), среднее содержание подвижного цинка (3,06–4,52 мг/кг), среднее и высокое содержание подвижного бора (0,54–0,77 мг/кг).

Под культивацию использовали стандартные формы минеральных удобрений, а также новые формы комплексных удобрений для основного внесения в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию (N₉₀P₆₈K₁₃₅). 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, а также комплексное бесхлорное органоминеральное гранулированное удобрение для картофеля с содержанием макро-, микроэлементов и регулятором роста (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 ($N_0 + P_{43} + K_{28} + Mg_2 + B_{0,5} + Mn_{0,2} + Zn_{0,2} + \text{фертивант}$), которое вносили по вегетирующим растениям в дозах по 2,5 кг/га в фазу смыкания ботвы и в фазу бутонизации для сорта Манифест. А для сорта Вектар в дозе по 2,0 кг/га дополнительно и в фазу клубнеобразования. В опытах применяли белорусское жидкое комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Бор, Медь, включающее ($N - 65 \text{ г/л}$, $B - 40 \text{ г/л}$, $Cu - 40 \text{ г/л}$, гуминовые вещества – 0,6–6,0 мг/л) в дозе 1,3 л/га в фазе начала бутонизации, регулятор роста Экосил в дозе 200 мл/га в начале цветения; при массовом цветении; через 7 дней после последней обработки, а также микроудобрение Наноплант с содержанием (не менее $Mn - 0,36$, $Cu - 0,43$, $Fe - 0,60$ и $Co - 0,36 \text{ г/л}$) в дозе 100 мл/га при трехкратной обработке растений: 1-я – в фазе смыкания ботвы, 2-я – в фазе бутонизации, 3-я – в фазе клубнеобразования.

Применялся также подстилочный навоз в дозе 40 т/га.

Агротехника возделывания картофеля – общепринятая для условий Могилевской области. Учет урожая проводили сплошным поделяночным методом. Регулятор роста Экосил применялся на картофеле три раза в дозе 200 мл/га в фазах начала цветения при массовом цветении и клубнеобразовании.

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову для всех исследуемых культур [12]. Расчет экономической эффективности проводили в соответствии с «Методикой определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений» [13].

Определение агрохимических показателей почвы и качества урожая опытных культур проводили общепринятыми методами согласно ГОСТ и ОСТ [14]. Экспериментальные данные обработаны методами дисперсионного анализа на ЭВМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основным элементом питания, лимитирующим урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах, является азот. Эффективность азотных удобрений при возделывании озимой пшеницы и ячменя зависит от доз удобрений, содержания азота в почве, погодных условий.

Применение удобрений способствовало существенному возрастанию урожайности зерна озимой пшеницы. Так, применение $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70}$ (карбамид) с возобновлением вегетации по сравнению с неудобренным контролем повышало в среднем за три года урожайность среднеспелого сорта озимой пшеницы Богатко на 14,1 ц/га (табл. 1). Дополнительное к первой азотной подкормке (N_{70}) внесение в фазе начала выхода в трубку и флагового листа по N_{40} было очень эффективными и обеспечивало возрастание урожайности зерна озимой пшеницы с 43,2 до 60,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 8,3 зерна.

Обработка посевов озимой пшеницы на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$ регулятором роста Экосил способствовала дальнейшему возрастанию урожайности зерна озимой пшеницы на 4,0 ц/га.

Применение нового комплексного удобрения для озимых зерновых культур для основного внесения марки 5:16:35 с $Cu 0,3 \%$ и $Mn 0,25 \%$, по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах по азоту, фосфору и калию увеличивало в среднем за три года урожайность зерна на 4,9 ц/га (табл. 1).

Таблица 1
Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность и качество озимой пшеницы сорта Богатко

Вариант опыта	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна	Сырой белок, %	Сырая клейковина, %	Чистый доход, USD/га	Уровень рентабельности, %
	2012 г.	2013 г.	2014 г.							
1. Без удобрений (контроль)	21,2	26,0	40,2	29,1	–	–	11,6	19,4	–	–
2. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀	34,8	40,0	54,7	43,2	–	4,8	12,3	22,2	8,2	3,5
3. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀	43,8	48,0	64,6	52,1	–	6,9	12,9	24,8	167,0	56,8
4. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀ – фон	50,5	55,0	75,1	60,2	–	8,3	12,7	28,7	313,5	88,5
5. Фон + Экосил	53,9	59,0	79,6	64,2	4,0	9,4	13,6	31,5	380,8	102,1
6. Фон + Адоб Медь	55,3	63,0	82,3	66,9	6,7	10,1	13,0	31,0	429,4	112,3
7. Фон + Эколист Зерновые	55,3	65,0	85,2	68,5	8,3	10,5	13,3	32,0	454,5	116,1
8. Фон + МикроСил-Медь Л	56,0	67,5	90,5	71,3	11,1	11,3	13,5	31,1	528,1	139,7
9. Фон + МикроСтим-Медь Л	55,7	66,0	89,4	70,4	10,2	11,0	13,3	30,6	491,7	124,5
10. N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ (АФК с Си и Mn) + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀	53,6	60,0	81,8	65,1	–	9,6	12,9	29,9	414,0	118,4
11. N ₃₀ P ₈₀ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀ + N ₁₀ + Адоб Медь	56,7	67,0	86,1	69,9	–	10,0	13,2	30,0	454,4	107,8
12. Навоз 30 т/га N ₂₀ P ₆₄ K ₁₄₀ + N ₇₀ + N ₄₀ + N ₄₀	58,8	68,5	96,1	74,5	14,3	–	13,8	30,3	468,8	92,7
НСР ₀₅	2,73	4,18	3,86	2,08	–	–	0,42	0,79		

Внесение 30 т/га навоза на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$ повышало урожайность зерна озимой пшеницы на 14,3 ц/га. В этом варианте обеспечивалась и максимальная урожайность зерна озимой пшеницы (74,5 ц/га).

Подкормки азотными удобрениями существенно повышали содержание сырого белка и сырой клейковины в зерне озимой пшеницы. Положительное влияние на увеличение содержания сырого белка в зерне озимой пшеницы оказали регулятор роста Экосил и некорневые подкормки Адоб Медь и Эколист Зерновые на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$. Содержание сырой клейковины в зерне пшеницы существенно возросло при применении Экосила, а также микроудобрения Адоб Медь, комплексных удобрений Эколист Зерновые, МикроСтим-Медь Л и МикроСил-Медь Л. В этих вариантах опыта оно превышало 28 %, что соответствовало норме, установленной для озимой пшеницы (см. табл. 1).

Расчеты экономической эффективности показали, что чистый доход и рентабельность возрастали при применении трех азотных подкормок озимой пшеницы, комплексных, микроудобрений и регуляторов роста. Более высокий доход и рентабельность отмечены при некорневой подкормке озимой пшеницы МикроСтим-Медь Л и МикроСил-Медь на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70} + N_{40} + N_{40}$.

В среднем за 2011–2013 гг. урожайность зерна ячменя по сравнению с неудобренным контролем при применении $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ возросла на 3,7, 12,2 и 16,8 ц/га соответственно (табл. 2).

Наибольшая урожайность зерна ячменя была получена в вариантах с применением регулятора роста Фитовитал и комплексного удобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$ карбамид (табл. 2). Прибавка урожайности зерна при этом составила по отношению к фоновому варианту $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ при использовании Фитовитал 5,3 ц/га и МикроСтим медь Л – 7,7 ц/га. Высокая прибавка урожая в этих вариантах оказала влияние на увеличении окупаемости 1 кг НРК кг зерна, которая составила в этих вариантах опыта 10,4 и 11,4 кг соответственно.

Внесение комплексного удобрения АФК 10-19-25 с Cu, Mn на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ способствовало в среднем за 2012–2013 гг. повышению урожайности зерна на 7,0 ц/га по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных ($N_{60}P_{60}K_{90}$) дозах (табл. 2).

Обработка посевов пивоваренного ячменя регулятором роста Экосил по сравнению с вариантом $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ КАС увеличивала урожайность зерна на 3,4 ц/га и на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ на 2,7 ц/га.

В среднем за 3 года максимальная урожайность ячменя (52,8–55,2 ц/га) была получена в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид, МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$ карбамид и Фитовитал на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид.

Применение удобрений по сравнению с вариантом без внесения удобрений способствовало некоторому возрастанию массы 1000 зерен. Наибольшая масса 1000 зерен (56,8 г) отмечена в варианте с использованием МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид. В целом по опыту, масса 1000 зерен в вариантах с применением макро-, микроудобрений и регуляторов роста варьировала в незначительных пределах (см. табл. 2).

Таблица 2
Эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании пивоваренного ячменя

Вариант опыта	Урожай- ность, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна среднее за 3 года	Масса 1000 зерен, г	Сырой белок, %			Чистый доход, USD/га	Рента- бельность, %
				2011 г.	2012 г.	2013 г.		
				2011 г.	2012 г.	2013 г.		
1. Без удобрений	27,8 (28,6*)	–	54,7 (53,9*)	7,8	9,5	9,8	–	–
2. N ₁₆ P ₆₀ K ₉₀	31,5	2,2	55,6	8,1	9,4	9,1	–	–
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	40,0 (43,2*)	5,8 (7,0*)	56,0 (54,9*)	8,0	9,9	9,9	–	–
4. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	44,6 (46,4*)	7,0	56,6 (55,0*)	10,0	10,8	10,5	–	–
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ (АФК с Cu и Mn)	50,2*	10,3*	55,0*		9,7	11,6	65,4	16,2
6. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Экосил фаза начала выхода в трубку	47,3	8,1	56,2	8,3	10,3	12,0	36,8	9,9
7. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ КАС фаза начала выхода в трубку	45,4	7,3	55,9	8,7	9,9	11,1	16,9	4,8
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид фаза начала выхода в трубку	47,5	8,2	56,6	8,5	11,1	12,3	46,0	12,6
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ КАС с Экосил фаза начала выхода в трубку	48,8	8,8	56,1	10,3	9,9	11,3	70,9	19,3
10. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид + Микро-Стим-Медь Л фаза начала выхода в трубку	55,2	11,4	56,8	10,7	10,3	12,0	188,9	49,2
11. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид фаза начала выхода в трубку + Эколист Зерновые	48,5	8,6	55,4	10,0	9,8	11,6	56,1	14,9
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + N ₃₀ карбамид + Фитовитал в фаза начала выхода в трубку	52,8	10,4	56,1	10,3	9,4	13,2	127,9	32,4
13. N ₉₀ P ₈₀ K ₁₃₀ + N ₃₀ карбамид фаза начала выхода в трубку + МикроСтим-Медь Л НСР ₀₅	54,2	8,0	56,6	10,2	9,4	13,3	64,6	13,3
	1,23		0,44	0,72	0,58	0,51		

* Среднее за 2012–2013 гг.

Содержание сырого белка в зерне пивоваренного ячменя в большинстве вариантов опыта по годам исследований находилось в допустимых пределах ГОСТ и не превышало 12 %. Содержание сырого белка было ниже в вариантах без внесения удобрений и с внесением небольших доз азота ($N_{16}P_{60}K_{90}$). Наибольшее накопление сырого белка в зерне было при применении МикроСтим Си Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$ карбамид и регулятора роста Фитовитал на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ карбамид в фазу начала выхода в трубку. Содержание сырого белка во всех вариантах в 2011 и 2012 гг. было в допустимых пределах (не более 11,1 %). Следует отметить, что накопление сырого белка в зерне пивоваренного ячменя свыше допустимых 12 % было только в 2013 г. в нескольких вариантах опыта. Наибольших величин (13,2–13,3 %) оно достигало в варианте с применением Фитовитал на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{80}K_{130} + N_{30}$.

Расчеты экономической эффективности применения удобрений показали, что в вариантах $N_{16}P_{60}K_{90}$, $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ их внесение было экономически невыгодным. Применение нового комплексного удобрения (АФК с Си и Мп) обеспечивало получение чистого дохода 65,4 USD/га при рентабельности 16,2 %. Наибольший чистый доход 188,9 USD/га при рентабельности 49,2 % получен при применении МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{70}K_{90} + N_{30}$. Следует отметить, что в этом варианте опыта содержание сырого белка в зерне было в допустимых пределах за все три года исследований.

Применение азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$) увеличивало урожайность клубней картофеля сорта Вектар по сравнению с неудобренным контролем на 5,5 т/га. Внесение калийных удобрений (K_{135}) в форме хлористого калия на фоне $N_{90}P_{68}$ способствовало возрастанию урожайности клубней также на 5,5 т/га (табл. 3).

Внесение до посадки бесхлорного АФК удобрения и хлорсодержащего по действию на урожайность клубней было равнозначным и повышало урожайность 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 7,1 и 6,3 т/га. Окупаемость 1 кг NPK кг клубней при внесении бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения составила 62 и 59 кг, что по сравнению с применением стандартных удобрений выше на 24 и 21 кг соответственно.

Максимальная продуктивность картофеля (41,8 т/га) в среднем за три года исследований была получена от некорневой подкормки Нутривант Плюс на фоне более высоких доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$. В этом варианте окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней составила 55 кг.

При использовании Нутривант Плюс и МикроСтим-Бор,Медь на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ прибавка урожайности картофеля к фону составила 4,3 и 4,0 т/га при окупаемости 1 кг NPK кг клубней 57 и 56 кг соответственно.

Применение навоза в среднем за 2014–2016 гг. на фоне $N_{90}P_{68}K_{135}$ повышало урожайность клубней картофеля сорта Вектар на 7,8 т/га. Обработка посевов комплексным микроудобрением МикрСтим-Бор,Медь на фоне Навоз 40 т/га + $N_{90}P_{68}K_{135}$ в среднем за 2015 и 2016 гг. повышала урожайность клубней на 4,0 т/га. Использование Наноплант на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ в среднем на 2015–2016 гг. увеличивало урожайность клубней на 1,9 т/га.

Таблица 3

Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля сорта Вектар (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га			Окупаемость 1 кг д.в. НРК удобрений урожаем клубней, кг	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га	Вита-мин С, мг%	Нитраты, мг/кг			Чистый Доход, USD/га	Рентабельность, %
	2014 г.	2015 г.	2016 г.					2014 г.	2015 г.	2016 г.		
1. Без удобрений	21,3	22,8	20,6	21,6 *(21,7)	18,5	4,0	17,6	45,2	18,7	42,3	–	–
2. N ₉₀ P ₆₈	25,3	28,8	27,3	27,1	19,1	5,2	20,2	55,7	20,8	52,1	542,7	423
3. Фон 1 – N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅	31,0	35,1	31,8	32,6	18,3	6,0	18,7	64,4	98,2	45,7	1118,6	501
4. N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (АФК)	33,2	43,2	40,3	38,9	18,7	7,3	16,7	133,0	38,0	26,3	1753,4	491
5. N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (АФК) бесхлорная	34,5	43,6	40,9	39,7	18,2	7,2	18,9	56,1	70,8	43,6	1385,7	169
6. Фон 2 – N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₃₀	27,0	43,1	36,7	35,6 *(39,9)	18,4 *(18,9)	6,6 *(7,5)	18,5 *(20,6)	90,1	65,0	13,4	1433,6	522
7. Фон 2 + МикроСтим-Бор,Медь	28,9	47,9	41,9	39,6	18,0	7,1	17,3	57,3	40,6	38,3	1853,4	541
8. Фон 2 + Нутривант Плюс	30,5	48,7	40,6	39,9	18,8	7,5	18,0	130,0	62,6	29,1	1857,4	495
9. Фон 2 + Экосил	28,4	48,3	40,2	39,0	18,4	7,2	16,7	68,0	56,6	25,3	1769,0	500
10. N ₁₃₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Нутривант Плюс	33,3	49,5	42,6	41,8	17,8	7,4	16,8	75,4	101,5	31,4	2049,6	494
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	40,2	44,3	36,6	40,4 *(40,5)	17,7 *(18,0)	7,2 *(7,3)	17,3 *(18,6)	63,4	87,8	18,6	1932,1	535
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + МикроСтим-Бор,Медь	–	*47,2	*41,7	*44,5	*18,7	*8,3	*21,4	–	*51,8	*26,5	–	–
13. Фон 2 + Наноплант	–	*44,6	*39,0	*41,8	*17,9	*7,5	*16,8	–	*22,1	*21,0	–	–
НСР ₀₅	1,6	2,4	2,3	1,2 *(1,7)	0,4 *(0,5)	–	0,6 *(0,8)	13,6	12,9	13,0	–	–

* Данные за 2015–2016 гг.

Наиболее высокое содержание крахмала в среднем за три года исследований было отмечено в варианте с внесением до посадки картофеля азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$) – 19,1 %.

Применение Нутривант плюс по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышало содержание крахмала в клубнях картофеля на 0,4 %. Выход крахмала в этом варианте был максимальным и составил 7,5 т/га.

Внесение хлорсодержащего АФК удобрения с микроэлементами и серой незначительно повышало 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 этом варианте возрос по сравнению с вариантом, где в эквивалентных по NPK дозах внесены карбамид, аммофос и хлористый калий, на 1,3 т/га.

Использование бесхлорного АФК удобрения существенно не влияло на 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 этом варианте составил 7,2 т/га и возрос по сравнению с вариантом, где в эквивалентных по NPK дозах внесены карбамид, аммофос и хлористый калий, на 1,2 т/га в связи с возрастанием урожайности.

Использование МикроСтим-Бор, Медь не изменяло содержание крахмала в клубнях картофеля по сравнению с фоном $N_{120}P_{70}K_{130}$, но увеличивало выход крахмала на 0,5 т/га.

Наибольшее содержание витамина С (20,2 мг/%) в клубнях картофеля у сорта Вектар было получено в варианте с внесением до посадки картофеля азотных и фосфорных удобрений ($N_{90}P_{68}$).

Расчет экономической эффективности применения удобрений показал, что в удобряемых вариантах получена прибыль при рентабельности от 169 до 541 % (табл. 3).

Максимальная прибыль (2049,6 USD/га) при рентабельности 494 % была получена при применении Нутривант Плюс на фоне повышенных доз удобрений $N_{130}P_{90}K_{150}$. Достаточно высокая прибыль (1857,4 USD/га) при рентабельности 495 % была в варианте с использованием Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$, а также (1853,4 USD/га) при рентабельности 541 % с применением МикроСтим-Бор, Медь.

В вариантах с внесением до посадки бесхлорного и хлорсодержащего АФК удобрения прибыль составила 1385,7 и 1753,4 USD/га при рентабельности 169 и 491 % соответственно.

Внесение до посадки АФК с бором, медью и серой, разработанного в Институте почвоведения и агрохимии, и комплексного бесхлорного удобрения с микроэлементами с регулятором роста российского производства по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах ($N_{90}P_{68}K_{135}$) повышало урожайность клубней картофеля сорта Манифест в среднем за 2014 и 2016 гг. на 8,9 и 10,3 т/га (табл. 4).

Некорневая подкормка растений картофеля сорта Манифест МикроСтим-Бор, Медь и Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышали урожайность клубней на 3,5 и 9,1 т/га. В варианте с применением Нутривант Плюс была получена максимальная урожайность клубней (50,0 т/га), окупаемость 1 кг NPK (76 кг клубней) и выход крахмала (8,5 т/га) (см. табл. 4).

Таблица 4
Влияние комплексных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля сорта Манифест (среднее за 2014–2016 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га			Окупаемость 1 кг д.в. NPK удобрений урожаем клубней, кг	Содержание крахмала, %	Выход крахмала, т/га	Вита-мин С, мг %	Нитраты, мг/кг			Чистый доход, USD /га	Рентабельность, %
	2014 г.	2015 г.	2016 г.					2014 г.	2015 г.	2016 г.		
1. Без удобрений	29,8	24,6	22,4 *(23,5)	–	16,6	4,2	19,4	55,0	42,8	105,6	–	–
2. N ₉₀ P ₆₈	34,9	33,7	28,6	43	16,4	5,3	17,7	207,0	90,7	86,4	683,0	466
3. Фон 1 – N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅	38,0	35,2	32,7	33	16,6	5,9	17,2	70,9	75,6	95,9	978,3	477
4. N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (АФК)	41,8	49,1	41,7	64	16,7	7,4	20,0	77,6	52,8	49,9	1893,6	504
5. N ₉₀ P ₆₈ K ₁₃₅ (АФК) бесхлорная	42,0	50,3	44,4	68	17,3	7,9	18,3	134,5	93,0	71,7	1590,7	187
6. Фон 2 – N ₁₂₀ P ₇₀ K ₁₃₀	44,3	40,5	37,8 (39,2*)	48 *(49)	16,6 *(17,2)	6,8 *(6,7)	17,4 *(16,4)	153,5	169,0	86,6	1573,9	538
7. Фон 2 + МикроСтим-Бор, Медь	46,2	44,2	42,9	59	16,7	7,4	17,3	157,0	96,5	148,7	1939,7	548
8. Фон 2 + Нутривант плюс	50,6	52,6	46,8	76	17,0	8,5	22,7	216,5	98,6	85,0	2524,6	558
9. Фон 2 + Экосил	47,4	46,3	41,9	61	16,2	7,3	19,1	200,0	107,2	148,5	2006,3	521
10. N ₁₃₀ P ₉₀ K ₁₅₀ + Нутривант Плюс	48,3	45,7	43,7	55	16,5	7,6	19,3	186,0	171,5	168,0	2069,4	508
11. Фон 1 + Навоз 40 т/га	49,3	44,0	37,4 *(40,7)	–	16,2 *(16,8)	7,1 *(6,8)	16,0 *(15,7)	142,0	218,3	55,3	1845,8	527
12. Фон 1 + Навоз 40 т/га + МикроСтим-Бор, Медь	–	*49,6	*42,5	–	*17,1	*7,9	*20,3	–	*92,7	*95,7	–	–
13. Фон 2 + Наноплант	–	*42,8	*42,3	*60	*16,9	*7,2	*20,4	–	*17,4	*161,0	–	–
НСР ₀₅	1,7	2,8	2,4 *(1,9)	–	0,3 *(0,3)	–	1,1 *(1,3)	15,7	27,2	17,7	–	–

* Данные за 2015–2016 гг.

Применение регулятора роста Экосил на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ повысило урожайность клубней на 4,3 т/га.

Обработка растений микроудобрением Наноплант на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ повышала урожайность клубней в среднем за 2015 и 2016 гг. на 3,4 т/га.

Содержание нитратов во все годы исследований по вариантам опыта не превышало ПДК (250 мг/кг).

Наибольшее содержание нитратов в клубнях (218,3 мг/кг) отмечено в 2015 г. при сочетании 40 т/га навоза с $N_{90}P_{68}K_{135}$.

Содержание крахмала было наибольшим (17,3 %) при применении бесхлорного NPK удобрения. В этом варианте опыта оно возросло по сравнению с вариантом без внесения удобрений на 0,7 %.

Применение удобрений во всех удобряемых вариантах опыта было очень эффективным. Максимальный чистый доход (2524,6 USD/га) и рентабельность (558 %) получены при некорневой подкормке растений картофеля Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$.

ВЫВОДЫ

1. Внесение до посева комплексного удобрения для озимых зерновых с Си и Мп по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентной дозе ($N_{20}P_{64}K_{140}$) и тремя подкормками азотными удобрениями ($N_{70+40+40}$) повышало урожайность зерна озимой пшеницы на 4,9 ц/га (с 60,2 до 65,1 ц/га) при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 17,4 ц/га.

2. Некорневые подкормки жидкими удобрениями Адоб Медь, Эколист Зерновые, МикроСил-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70+40+40}$ увеличивали урожайность зерна озимой пшеницы на 6,7, 8,3, 11,1 и 10,2 ц/га соответственно. Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы (74,5 ц/га) отмечена при сочетании 30 т/га навоза и $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70+40+40}$. Наибольший чистый доход (528,1 USD/га) при рентабельности 139,7 % получен при некорневой подкормке озимой пшеницы МикроСил-Медь Л на фоне $N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70+40+40}$.

3. Внесение комплексного АФК удобрения с Си и Мп способствовало повышению урожайности зерна пивоваренного ячменя на 7,0 ц/га по сравнению с применением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах ($N_{60}P_{60}K_{90}$).

4. Обработка посевов пивоваренного ячменя МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ увеличивала урожайность зерна на 7,7 ц/га, Фитовитал – на 5,3 ц/га. Максимальная урожайность зерна ячменя (55,2 ц/га), чистый доход (188,9 USD/га) и рентабельность (49,2 %) получены при применении МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$.

5. Применение АФК с бором, медью и серой по сравнению с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия в эквивалентных дозах ($N_{90}P_{68}K_{135}$) повышало урожайность клубней картофеля среднераннего сорта Манифест на 8,9 т/га и среднепозднего сорта Вектар на 6,3 т/га.

6. Обработка растений картофеля МикроСтим-Бор, Медь и Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ увеличила урожайность клубней картофеля сорта Манифест на 3,5 и 9,1 т/га и сорта Вектар на 4,0 и 4,3 т/га соответственно. Наиболее высокая урожайность клубней картофеля сорта Манифест (50,0 т/га) получена при применении Нутривант Плюс на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$, а сорта Вектар – на фоне

$N_{130}P_{90}K_{150}$ (41,8 т/га). В этих вариантах опыта был максимальным и чистый доход, который составил для сорта Манифест 2524,6 USD/га и сорта Вектар – 2049,6 USD/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексные удобрения для сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – С. 244–248.
2. Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры / Г.В. Пироговская [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 48 с.
3. Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2014. – 38 с.
4. Комплексные удобрения в технологии возделывания картофеля на дерново-подзолистых почвах / Г.В. Пироговская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 1(58). – С. 153–169.
5. *Анспок, П.И.* Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л., 1990. – 272 с.
6. Рациональное применение удобрений: учеб. пособие для слушателей систем повышения и переподготовки кадров / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки, 2002. 324 с.
7. *Фатеев, А.И.* Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – Харьков, 2005. – 134 с.
8. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
9. *Барашкова, Е.Н.* Эффективность применения новых форм микроудобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Е.Н. Барашкова, Н.В. Рак, Г.М. Сафроновская // Почва, удобрение, плодородие, урожай: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. С.Н. Иванова и 90-летию со дня рожд. Т.Н. Кулаковской. – Минск, 2009. – С. 133–134.
10. *Саскевич, П.А.* Применение регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / П.А. Саскевич, В.Р. Кажарский, С.Н. Козлов. – Горки, 2009. – 296 с.
11. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.
12. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
13. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.] / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.
14. Агрохимия. Практикум: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений по агроном. спец. / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Кукреша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 368 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MACRO- AND MICRO-FERTILIZERS, PLANT GROWTH REGULATORS IN CULTIVATION OF WINTER WHEAT, MALTING BARLEY AND POTATO ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

I.R. Vildflush, O.I. Mishura, E.L. Ionas, S.R. Tsuiko

Summary

Application of complex fertilizers with microelements with the main fertilizer in comparison with the introduction of standard equivalent doses increased the yields of winter wheat by 4,9 c/ha, malting barley by – 7,0 c/ha, potato tubers of Manifest variety – by 8,9 t/ha, Vektar variety – by 6,3 t/ha. Foliar application of MikroStim-Cuprum L increased the grain yield compared to the background variant ($N_{20}P_{64}K_{140} + N_{70+40+40}$) of winter wheat up to 10.2 kg/ha, malting barley on the background of $N_{60}P_{70}K_{90} + N_{30}$ – by 7,7 c/ha, and MikroStim-Boron, Cuprum on the background of $N_{120}P_{70}K_{130}$ yield of tubers of potato varieties Manifest – 3,5 t/ha, Vektar variety – 4,0 t/ha.

Поступила 10.11.2017

УДК 633.16:631.811:631.445.24

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Н.В. Барбасов, И.Р. Вильдфлуш

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

ВВЕДЕНИЕ

В комплексе факторов формирования урожая сельскохозяйственных культур и качества растениеводческой продукции решающее значение имеет сбалансированное питание растений всеми необходимыми макро- и микроэлементами [1].

Одним из путей повышения эффективности минеральных удобрений является применение микроудобрений, что позволяет регулировать важнейшие жизненные процессы в растении, полнее реализовать потенциальные возможности сортов, заложенные биологией культуры и селекцией [2].

Известно, что микроэлементы принимают самое активное участие в процессах роста, развития и плодоношения растений. В растительном организме они могут стимулировать или угнетать процессы роста, развития и репродуктивные функции. Многие из них входят в состав ферментов, витаминов, гормонов и других биологически активных соединений осуществляющих функционирование растительного организма. Существенную роль они играют в повышении устойчивости

растений к неблагоприятным факторам внешней среды и многим заболеваниям, вызванным как их недостатком, так и патогенами [3].

Применение комплексных минеральных удобрений по сравнению с однокомпонентными позволяет внести весь необходимый комплекс элементов питания за один проход техники, дает возможность сократить сроки внесения удобрений, снизить затраты, уменьшить неравномерность их распределения по площади поля, что положительно сказывается на урожайности и качестве сельскохозяйственных культур [4].

Включение в систему удобрения комплексных удобрений со сбалансированным содержанием макро- и микроэлементов, высокоэффективных микроудобрений и регуляторов роста позволяет оптимизировать питание растений, снизить влияние неблагоприятных условий произрастания и получать более стабильные урожаи сельскохозяйственных культур [5].

Фотосинтез не автономный процесс, он регулируется растением и сам влияет на другие физиологические функции растения. Поэтому, для понимания фотосинтеза как физиологического процесса, необходимо выяснить зависимость его от различных внешних и внутренних факторов и изучить взаимосвязь фотосинтеза и других процессов жизнедеятельности растений [6]. Определенную роль в регулировании фотосинтетической деятельности посевов играют условия питания растений. Основным показателем, характеризующий состояние посевов с точки зрения их фотосинтетической деятельности – развитие поверхности листьев (площадь листовой поверхности по стадиям роста и развития растений), который оказывает непосредственное влияние на накопление биомассы растений в процессе вегетации. Для оценки состояния посевов чаще всего используют значение фотосинтетического потенциала (ФП – суммы ежедневных показателей площади листьев на гектар посева), который характеризует фотосинтетическую мощность посевов за весь вегетационный период или за отдельный промежуток времени [7].

Цель исследований – изучить влияние систем удобрения на динамику роста, накопление биомассы, фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты проводили в 2015–2017 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» с раннеспелым сортом ярового ячменя Батяка. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. Она характеризуется следующими показателями: средним содержанием гумуса (1,6–1,7 %) и общего азота (0,19–0,2 %), повышенной обеспеченностью подвижным фосфором (195–203 мг/кг) и калием (200–208 мг/кг), средним содержанием подвижной меди (1,80–1,91 мг/кг) и цинка (3,52–3,95 мг/кг), слабокислой реакцией ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,73-5,96$).

Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная. Норма высева – 5,5 млн/га всхожих семян. В опытах применялись карбамид (N – 46 %), аммофос (N – 10–12 %, P₂O₅ – 52 %), хлористый калий (60 %), комплексное удобрение для основного внесения АФК марки 16:11:20 с 0,15% Cu и 0,15% Mn, комплексные удобрения для некорневых подкормок Нутривант Плюс (N (6%), P₂O₅ (23%), K₂O (35%), MgO (1%), B (0,1%), Zn (0,2%), Cu (0,25%), Fe (0,05%), Mo (0,002%)), Кристалон особый – (N (18%), P₂O₅ (18%), K₂O (18%), MgO (3%), B

(0,025%), Zn (0,025%), Cu (0,01%), Fe (0,07%), Mo (0,004%), Mn (0,04%), S (5,0%), Кристалон коричневый – (N (3%), P₂O₅ (18%), K₂O (38%), MgO (4%), B (0,025%), Zn (0,025%), Cu (0,01%), Fe (0,07%), Mo (0,004%), Mn (0,04%), S (27,5%)), микроудобрения Адоб Медь (медь в хелатной форме – 6,43 %, азот – 9 % и магний – 3 %) и ЭлеГум-Медь (гуминовые вещества – 10 г/л и медь – 50 г/л), комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,60–5,0 мг/л), регуляторы роста Экосил (препаративная форма – 5%-я водная эмульсия тритерпеновых кислот) и Фитовитал (водорастворимый концентрат янтарной кислоты – 5 г/л; сопутствующие компоненты: комплекс макро- и микроэлементов – Mg, Cu, Fe, Zn, B, Mn, Mo, Co, Li, Br, Al, Ni).

Новое комплексное удобрение АФК марки 16:11:20 с 0,15 % Cu и 0,10 % Mn, разработанное в Институте почвоведения и агрохимии, вносили до посева. Комплексным удобрением Нутривант Плюс израильского производства проводилось 2 обработки: первая – в фазе кущения в дозе 2 кг/га, вторая – в фазе начала выхода в трубку в дозе 2 кг/га. Комплексное удобрение Кристалон (Нидерланды) использовался двух видов: особый – в фазе кущения в дозе 2 кг/га, коричневый – в фазе начала выхода в трубку в дозе 2 кг/га. Адоб Медь применяли в фазе начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га, ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л – в той же фазе, что и Адоб Медь в дозе 1 л/га. Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал проводилась в фазе начала выхода в трубку в дозе 75 мл/га и 0,6 л/га соответственно.

Некорневые подкормки комплексными и микроудобрениями проводились согласно инструкции по применению и отраслевого регламента.

Азотная подкормка ячменя проводилась карбамидом в фазе начала выхода в трубку.

Расчет площади листовой поверхности и листового фотосинтетического потенциала был проведен в соответствии с рекомендациями Института почвоведения и агрохимии [7].

Статистическую обработку результатов исследований проводили по Б.А. Доспехову [8] и М.Ф. Дембицкому [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за три года исследований высота растений ячменя имела определенные отличия в фазе кущения по вариантам опыта. Наиболее низкие растения были в варианте без удобрений. В вариантах с более высокими дозами азотных удобрений прослеживается тенденция к увеличению высоты растений. В фазе выхода в трубку высота растений ячменя начинает более существенно изменяться в зависимости от доз азотных удобрений. При увеличении дозы вносимого азотного удобрения увеличивается и высота растений ячменя (табл. 1).

Минимальная высота растений ячменя в фазе кущения в среднем за три года была в варианте без удобрений – 20,7 см. Максимальная высота растений в 2015–2017 гг. отмечена в вариантах с применением высоких доз удобрений (N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40карб}) и составила 26,4 и 29,3 см. По-видимому, это связано с внесением повышенных доз удобрений в этих вариантах опыта.

В фазе начала выхода в трубку 2015–2017 гг. у ячменя наиболее высокими были растения в вариантах N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40карб} и N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40карб} + МикроСтим-Медь Л, где высота составила 48,7 и 51,0 см соответственно.

Таблица 1

Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику роста растений ячменя в 2015–2017 гг.

Вариант	Высота растений, см															
	кущение				выход в трубку				колошение				молочно-восковая спелость			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее
Без удобрений	19,4	23,1	19,7	20,7	41,0	36,6	33,9	37,2	43,8	54,8	51,9	50,2	45,7	55,9	53,4	51,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	20,6	27,3	23,3	23,7	48,2	39,8	36,3	41,4	54,5	64,5	60,1	59,7	56,3	65,6	61,0	61,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	24,5	28,4	27,6	26,8	52,3	43,0	38,5	44,6	59,6	69,9	64,0	64,5	61,5	71,0	65,6	66,0
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	20,0	29,4	29,7	26,4	57,4	47,3	41,4	48,7	76,9	75,3	76,7	76,3	78,9	84,9	77,1	80,3
Фон 1 + Адоб Медь	25,7	28,4	25,4	26,5	56,3	44,1	39,6	46,7	67,7	68,8	66,8	67,8	69,7	69,9	66,5	68,7
Фон 1 + Нутривант Плюс (2 обработки)	26,6	28,4	26,2	27,1	53,5	43,0	37,6	44,7	67,7	71,0	67,8	68,8	69,7	72,0	65,6	69,1
Фон 1 + Кристаллон (2 обработки)	27,8	28,4	27,1	27,8	57,4	43,0	39,5	46,6	68,7	69,9	68,9	69,2	70,7	71,0	67,9	69,9
Фон 1 + Экосил	26,6	28,4	25,2	26,7	52,6	45,2	39,5	45,8	63,4	72,0	65,0	66,8	65,3	75,3	66,5	69,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	25,6	28,4	25,4	26,5	56,3	44,1	36,3	45,6	75,1	69,9	65,0	70,0	77,3	75,3	66,7	73,1
Фон 1 + ЭлеГум- Медь	19,0	29,4	27,7	25,4	57,4	44,1	39,4	47,0	68,7	73,1	69,9	70,6	65,7	77,4	70,0	71,0
Фон 1 + Микро- СТИМ-Медь Л	22,0	29,4	25,7	25,7	51,1	44,1	38,8	44,7	68,7	73,1	70,9	70,9	70,7	76,3	70,0	72,3
Фон 1 + Фитовитал	25,6	29,4	26,3	27,1	61,1	45,2	38,4	48,2	76,2	71,0	66,0	71,1	78,4	77,4	67,5	74,4
Фон 2 + Микро- СТИМ-Медь Л	24,3	33,6	29,9	29,3	62,6	47,3	43,1	51,0	80,0	77,4	80,4	79,3	82,0	88,2	81,9	84,0
НСР ₀₅	0,3	0,3	1,4	0,4	0,4	0,6	1,6	0,5	0,7	1,2	1,3	0,6	0,7	1,7	1,4	0,7

В фазе колошения в среднем за три года максимальная высота растений у ячменя (79,3 см) отмечена в варианте с применением $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\text{карб}}$ + МикроСтим-Медь Л. В фазе молочно-восковой спелости у ячменя наиболее высокими были растения в варианте $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\text{карб}}$ + МикроСтим-Медь Л, где высота составила 84,0 см.

Более интенсивное накопление биомассы в 2015–2017 гг. у растений ячменя в фазе кущения было в вариантах с повышенными дозами удобрений (табл. 2). Наибольшая масса сухого вещества в среднем за три года в фазе кущения у ячменя была в вариантах $N_{90}P_{60}K_{90}$ + ЭлеГум-Медь (40,1 г/100 раст.) и $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку (43,5 г/100 раст.). В 2015–2017 гг. наибольшее накопление биомассы наблюдалось в вариантах $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ и $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку – 294,1 и 304,4 г/100 раст.

В фазе колошения в среднем за три года максимальное накопление сухого вещества у ячменя было в вариантах с повышенными дозами минеральных удобрений: $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ и $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку – 623,3 и 642,1 г/100 раст. Наибольшая масса сухого вещества в фазе молочно-восковой спелости в 2015–2017 гг. у ячменя наблюдалось в варианте $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40}$ + МикроСтим-Медь Л в фазе начала выхода в трубку и составила 1022,6 г/100 раст. Это вероятно связано, с повышенными дозами фосфорных и калийных удобрений на повышенном фоне азотного питания.

Применение удобрений способствовало значительному увеличению нарастания листовой поверхности посевов ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. внесение $N_{90}P_{60}K_{60}$ способствовало увеличению листовой поверхности по сравнению с контролем в фазе молочно-восковой спелости на 20,5 тыс. м²/га, а $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\text{карб}}$ (в подкормку) – на 41,7 тыс. м²/га (табл. 3).

Возрастала листовая поверхность и при применении комплексных удобрений. В фазе молочно-восковой спелости ячменя применение Нутривант Плюс и Кристалона на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало площадь листовой поверхности на 6,4 тыс. м²/га. Применение польского микроудобрения Адоб Медь обеспечивало прирост листовой поверхности по сравнению с фоном на 3,9 тыс. м²/га. Использование нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с Cu (0,15%), Mn (0,10%) в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличило площадь листовой поверхности у растений ячменя на 4,5 тыс. м²/га. Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал повышала площадь листовой поверхности по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ на 4,2 и 8,9 тыс. м²/га соответственно. Некорневые подкормки ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивали площадь листовой поверхности ячменя на 10,5 и 10,1 тыс. м²/га. Наибольшая площадь листовой поверхности (86,4 тыс. м²/га) в среднем за три года исследований наблюдалась в варианте с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\text{карб}}$, что и обеспечивало более высокую урожайность зерна в этом варианте. В среднем за 2015–2017 гг. от фазы выхода в трубку до фазы молочно-восковой спелости при внесении $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений фотосинтетический потенциал листовой поверхности возрос на 0,28 млн м²сут./га, а при $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40\text{карб}}$ – на 0,57 млн м²сут./га (табл. 4).

Динамика накопления сухого вещества растениями ячменя в 2015–2017 гг.

Вариант	Масса 100 растений, г															
	кущение				выход в трубку				колошение				молочно-восковая спелость			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее
Без удобрений	26,0	23,4	27,8	25,7	172,5	188,3	176,5	179,1	265,1	348,2	304,5	305,9	386,9	464,2	365,4	405,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	27,4	32,8	32,0	30,7	253,6	209,2	232	231,6	530,2	411,5	497,4	479,7	647,0	638,3	680,1	655,1
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	29,6	35,1	40,8	35,2	269,2	240,6	282,5	264,1	569,0	443,1	619,2	543,8	796,8	754,3	801,9	784,3
N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	32,4	37,4	43,4	37,7	284,1	292,8	305,5	294,1	606,8	522,2	741,0	623,3	1004,6	928,4	1015,0	982,7
Фон 1 + Адоб Медь	26,2	32,8	40,8	33,3	263,5	230,1	288,0	260,5	564,8	453,7	639,5	552,7	839,2	725,3	822,2	795,6
Фон 1 + Нутри- вант Плюс (2 обработки)	29,6	35,6	41,4	35,5	236,2	251,0	289	258,7	589,4	464,2	629,3	561,0	801,5	783,3	832,3	805,7
Фон 1 + Криста- лон (2 обработки)	23,9	37,4	39,6	33,6	265,2	245,7	282,5	264,5	591,3	474,8	649,6	571,9	797,5	812,4	832,3	814,1
Фон 1 + Экосил	29,8	41,3	40,8	37,3	275,4	226,8	295,5	265,9	570,7	456,8	639,5	555,7	801,4	841,4	812,0	818,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Мп (0,10%) (комплек- сное)	25,1	36,3	41,2	34,2	226,1	209,2	272,5	235,9	548,6	451,5	639,5	546,5	759,7	754,3	822,2	778,7
Фон 1 + ЭлеГум- Медь	33,7	44,3	42,4	40,1	295,7	244,7	283,5	274,6	589,4	482,1	690,2	587,2	841,1	899,4	893,2	877,9
Фон 1 + Микро- Стим-Медь Л	30,7	46,9	42,0	39,9	215,9	230,1	299	248,3	528,2	472,6	700,4	567,1	854,8	841,4	913,5	869,9
Фон 1 + Фитови- тал	29,3	42,1	40,0	37,1	266,7	219,7	279,5	255,3	584,4	449,4	649,6	561,1	739,5	783,3	812,0	778,3
Фон 2 + Микро- Стим-Медь Л	34,7	51,5	44,2	43,5	304,4	292,8	316,0	304,4	616,7	538,1	771,4	642,1	1006,8	1015,4	1045,5	1022,6
НСР ₀₅	1,1	2,0	1,7	0,9	3,9	4,5	6,5	2,9	8,1	7,6	7,4	4,5	21,3	22,0	23,7	8,5

Таблица 3
Динамика нарастания площади листовой поверхности растениями ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения за 2015–2017 гг.

Вариант	Площадь листовой поверхности по фазам развития, тыс. м ² /га															
	кущение				выход в трубку				колошение				молочно-восковая спелость			
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	сред- нее
Без удобрений;	5,2	7,5	5,3	6,0	12,5	13,9	13,7	13,4	32,3	38,2	38,2	36,2	33,7	38,8	39,5	37,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	6,9	8,8	7,8	7,8	20,5	20,1	19,5	20,0	43,8	48,9	48,1	46,9	45,3	49,6	48,8	47,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	8,2	12,9	11,1	10,7	22,0	24,5	25,8	24,1	51,9	53,1	55,7	53,6	53,6	58,2	61,7	57,8
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	10,7	15,2	14,0	13,3	30,0	32,9	33,3	32,1	67,1	61,9	77,5	68,8	74,0	80,4	82,5	79,0
Фон 1 + Адоб Медь	8,6	14,7	10,2	11,2	25,3	27,9	23,9	25,7	58,9	56,5	62,8	59,4	60,7	57,3	67,2	61,7
Фон 1 + Нутри- вант Плюс (2 обработки)	10,7	14,7	10,5	12,0	23,1	29,9	25,1	26,0	58,9	58,4	63,8	60,4	60,7	63,6	68,2	64,2
Фон 1 + Криста- лон (2 обработки)	9,3	14,7	10,9	11,6	26,1	29,9	26,5	27,5	59,8	57,4	64,7	60,6	61,6	58,2	72,7	64,2
Фон 1 + Экосил	8,9	14,7	10,1	11,2	22,3	34,3	29,1	28,6	55,2	59,3	56,6	57,0	56,9	61,8	67,2	62,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплек- сное)	10,3	14,7	10,2	11,7	25,3	30,6	24,3	26,7	65,4	57,4	56,6	59,8	67,3	57,0	62,7	62,3
Фон 1 + ЭлеГум- Медь	8,9	17,1	11,2	12,4	30,0	30,6	29,1	29,9	59,8	60,1	65,7	61,9	61,6	68,3	74,9	68,3
Фон 1 + Микро- Стим-Медь Л	10,3	17,1	10,3	12,6	29,1	27,9	28,6	28,5	64,4	55,5	66,6	62,2	66,3	62,6	74,9	67,9
Фон 1 + Фитови- тал	10,3	15,2	10,6	12,0	24,5	31,5	23,2	26,4	66,3	53,9	57,5	59,2	68,3	63,5	68,2	66,7
Фон 2 + Микро- Стим-Медь Л	13,0	17,2	14,1	14,8	38,7	35,9	37,5	37,4	70,3	68,5	68,0	68,9	82,4	83,4	93,4	86,4
НСР ₀₅	0,6	0,5	0,6	0,3	1,0	1,2	1,1	0,6	1,5	1,4	1,6	0,9	1,8	1,7	2,0	1,1

Таблица 4
Влияние удобрений и регуляторов роста на фотосинтетический потенциал листовой поверхности ячменя за 2015–2017 гг.

Вариант	Фотосинтетический потенциал по фазам развития, млн м ² сут./га																							
	кущение-выход в трубку				выход в трубку-колошение				колошение-молочно-восковая спелость															
	0,23	0,15	0,13	0,17	0,36	0,31	0,38	0,35	0,56	0,46	0,62	0,55	0,30	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Без удобрений	0,30	0,20	0,19	0,23	0,48	0,41	0,50	0,46	0,76	0,59	0,77	0,71	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,35	0,26	0,25	0,29	0,56	0,47	0,61	0,55	0,90	0,67	0,93	0,83	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	0,42	0,34	0,33	0,36	0,73	0,57	0,83	0,71	1,24	0,85	1,28	1,12	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	0,38	0,30	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 1 + Адоб Медь	0,38	0,31	0,24	0,31	0,61	0,53	0,66	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 1 + Нутри-вант Плюс (2 обработки)	0,39	0,31	0,26	0,32	0,64	0,52	0,68	0,61	1,03	0,69	1,09	0,94	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	0,36	0,34	0,27	0,32	0,59	0,56	0,64	0,60	0,95	0,73	0,98	0,89	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 1 + Экосил	0,39	0,32	0,24	0,32	0,66	0,53	0,60	0,60	1,13	0,69	0,95	0,92	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	0,41	0,33	0,28	0,34	0,66	0,54	0,71	0,64	1,03	0,77	1,12	0,97	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 1+ЭлеГум-Медь	0,38	0,32	0,27	0,32	0,65	0,50	0,71	0,62	1,11	0,71	1,13	0,98	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 1 + Микро-Стим-Медь Л	0,42	0,33	0,23	0,33	0,69	0,51	0,60	0,60	1,14	0,70	1,00	0,95	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 1 + Фитовитал	0,50	0,40	0,36	0,42	0,83	0,63	0,92	0,79	1,38	0,91	1,43	1,24	0,36	0,23	0,23	0,30	0,63	0,51	0,65	0,60	1,02	0,68	1,04	0,91
Фон 2 + Микро-Стим-Медь Л	0,06	0,02	0,01	0,02	0,08	0,05	0,09	0,04	0,10	0,07	0,10	0,05	0,06	0,02	0,01	0,02	0,08	0,05	0,09	0,04	0,10	0,07	0,10	0,05
НСР ₀₅																								

В варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Адоб Медь по сравнению с контролем фотосинтетический потенциал возрастал на 0,13–0,36 млн m^2 сут./га в межфазный период кущение–молочно-восковая спелость. Новое комплексное удобрение для основного внесения (NPK с $Cu(0,15\%)$, $Mn(0,10\%)$) в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличивало по сравнению с ними данный показатель на 0,05–0,09 млн m^2 сут./га в межфазный период выход в трубку–молочно-восковая спелость. Использование Нутривант Плюс и Кристалона во внекорневую подкормку по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивало фотосинтетический потенциал листовой поверхности на 0,05–0,10 и на 0,06–0,11 млн m^2 сут./га соответственно в межфазный период выход в трубку–молочно-восковая спелость.

Некорневая подкормка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала фотосинтетический потенциал на 0,05–0,06 и на 0,05–0,12 млн m^2 сут./га в межфазный период выход в трубку–молочно-восковая спелость по сравнению с фоновым вариантом. Некорневая подкормка ЭлеГум-Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала фотосинтетический потенциал посевов ячменя на 0,09–0,14 млн m^2 сут./га, а МикроСтим-Медь Л на том же фоне – на 0,07 и 0,15 тыс. m^2 /га в межфазный период выход в трубку–молочно-восковая спелость.

Максимальным ФПЛ (0,79–1,24 млн m^2 сут./га) был в вариантах с применением комплексного микроудобрения с регулятором роста МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\text{карб}}$. В этих вариантах опыта отмечена и более высокая урожайность зерна ячменя.

В среднем за три года урожайность зерна ячменя в вариантах с применением $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{90}P_{60}K_{90}$ по сравнению с вариантом без удобрений возросла на 19,6 и 28,7 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK кг зерна по данным вариантам опыта составила 9,3 и 11,9 кг соответственно (табл. 5). Повышенные дозы минеральных удобрений в сочетании с дробным внесением азота ($N_{80}P_{70}K_{120}$ + N_{40}) обеспечивали прибавку урожая 35,4 ц/га, окупаемость 1 кг NPK кг зерна составляла при этом 11,4 кг. Применение медьсодержащих удобрений МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь и Адоб Медь в фазе начала выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ повышало урожайность зерна ячменя в среднем за три года исследований на 6,9, 9,0 и 6,0 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 14,8, 15,7 и 14,4 кг соответственно.

Двукратная обработка посевов ячменя Кристалоном в фазе кущения и выхода в трубку обеспечивала прибавку урожая к фону 5,6 ц/га, окупаемость 1 кг NPK кг зерна при этом составила 14,3 кг. Использование Нутривант Плюс в фазах кущения и выхода в трубку на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ обеспечивало прибавку урожайности на уровне 4,3 ц/га. Использование нового комплексного удобрения для основного внесения (NPK с $Cu(0,15\%)$, $Mn(0,10\%)$) в эквивалентной дозе ($N_{90}P_{60}K_{90}$) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличивало урожайность зерна ячменя на 6,3 ц/га, окупаемость 1 NPK кг зерна на 2,7 кг по сравнению со стандартными удобрениями. Белорусское микроудобрение ЭлеГум-Медь превосходило польское удобрение Адоб Медь, а белорусское комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л не уступало ему по действию и их можно использовать для импортозамещения.

**Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста на урожайность зерна
ячменя в 2015–2017 гг.**

Вариант	Урожайность, ц/га			Средняя урожай- ность, ц/га	При- бавка к контро- лю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га		Окупае- мость 1 кг NPK, кг зерна
	2015 г.	2016 г.	2017 г.			Фон 1	Фон 2	
Без удобрений	28,1	28,2	24,0	26,8	–	–	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	37,7	50,1	51,3	46,4	19,6	–	–	9,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ – Фон 1	48,5	57,4	60,5	55,5	28,7	–	–	11,9
N ₈₀ P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₄₀ – Фон 2	50,7	65,1	70,7	62,2	35,4	–	–	11,4
Фон 1 + Адоб Медь	55,4	60,8	68,2	61,5	34,7	6,0	–	14,4
Фон 1 + Нутривант Плюс (2 обработки)	52,7	60,5	66,2	59,8	33,0	4,3	–	13,8
Фон 1 + Кристалон (2 обработки)	54,9	61,1	67,2	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 1 + Экосил	53,2	61,6	65,8	60,2	33,4	4,7	–	13,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ с Cu (0,15%), Mn (0,10%) (комплексное)	58,1	61,0	66,2	61,8	35,0	–	–	14,6
Фон 1 + ЭлеГум- Медь	61,8	63,2	68,6	64,5	37,7	9,0	–	15,7
Фон 1 + Микро- Стим-Медь Л	53,8	64,5	69,0	62,4	35,6	6,9	–	14,8
Фон 1 + Фитовитал	57,9	60,0	65,5	61,1	34,3	5,6	–	14,3
Фон 2 + Микро- Стим-Медь Л	60,9	71,5	77,5	70,0	43,2	–	7,8	13,9
НСР ₀₅	1,5	3,4	1,5	1,3	–	–	–	–

Обработка посевов ярового ячменя регулятором роста Экосил по сравнению с фоновым вариантом N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала урожайность зерна на 4,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 13,9 кг соответственно. Применение регулятора роста Фитовитал на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивало урожайность зерна ячменя на 5,6 ц/га при окупаемости 1 кг NPK кг зерна 14,3.

Максимальная урожайность зерна – 70,0 ц/га получена при дробном внесении азота в дозе N₈₀ + N₄₀ и повышенных дозах фосфора и калия (P₇₀ и K₁₂₀) в сочетании с некорневой подкормкой МикроСтим-Медь Л.

ВЫВОДЫ

1. Применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста способствовала более интенсивному росту растений ячменя. В среднем за 2015–2017 гг. наибольшие показатели высоты растений (84,0 см) и накопления сухого вещества (1022,6 г/100 раст.) в фазе молочно-восковой спелости наблюдались в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40карб}.

2. Обработка посевов ячменя микроудобрениями, комплексными удобрениями и регуляторами роста существенно увеличивали площадь листовой поверхности ячменя. За три года исследований в среднем наибольшая площадь листовой

поверхности (14,8–86,4 тыс. м²/га) и листовой фотосинтетический потенциал (0,42–1,24 млн м²сут./га) от фазы кущения до фазы молочно-восковой спелости у растений ячменя отмечены в варианте с обработкой посевов МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40карб}.

3. Применение нового комплексного удобрения для основного внесения (НРК с Си(0,15 %), Мп(0,10 %)) в эквивалентной дозе (N₉₀P₆₀K₉₀) по сравнению со стандартными удобрениями (карбамид, аммофос, хлористый калий) увеличивало урожайность зерна ячменя на 6,3 ц/га. Обработка посевов ячменя на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ микроудобрениями Адоб Медь, ЭлеГум-Медь и МикроСтим-Медь Л способствовала увеличению урожайности ячменя на 6,0, 9,0 и 6,9 ц/га, а комплексными удобрениями Нутривант Плюс и Кристалон – на 4,3 и 5,6 ц/га соответственно. Обработка посевов ячменя регуляторами роста Экосил и Фитовитал на фоне N₉₀P₆₀K₉₀ увеличивала урожайность зерна ячменя на 4,7 и 5,6 ц/га. Максимальная урожайность зерна ячменя в среднем за 2015–2017 гг. была в варианте с применением в посевах ячменя МикроСтим-Медь Л на фоне N₈₀P₇₀K₁₂₀ + N_{40карб} – 70,0 ц/га.

4. Сопоставление отечественных удобрений МикроСтим-Медь Л и ЭлеГум-Медь с известными импортным микроудобрением Адоб Медь, показало, что по действию отечественные микроудобрения были равнозначными или превосходили его и могут использоваться вместо него, что важно с точки зрения импортозамещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуша, П.А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – С. 35.
2. Жолик, Г.А. Влияние стимулятора роста райкат на рост, развитие и продуктивность озимого рапса / Г.А. Жолик, А.М. Луковец, А.Л. Ключник // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр./ Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Гродненский госуд. аграрный ун-т. – Гродно: ГГАУ, 2016. – Т. 32: Агрономия. – С. 80.
3. Влияние микроэлементов на рост и развитие зерновых культур: <http://www.nest-m.rul>. – Дата доступа: 13.10.2017.
4. Применение новых форм комплексных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Г.В. Пироговская [и др.] – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 48 с.
5. Применение новых форм минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: рекомендации / И.Р. Вильдфлуш [и др.] – Горки: БГСХА, 2014. – 38 с.
6. Фотосинтез: <http://www.microanswers.ru/article/fotosintez.html>. – Дата доступа: 20.10.2017.
7. Оптимизация минерального питания зерновых культур на основе регулирования интенсивности продукционных процессов: рекомендации / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 12 с.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 235 с.

9. Дзямбіцкі, М.Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М.Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3 – С. 60–64.

THE INFLUENCE OF MACRO-, MICRONUTRIENTS AND GROWTH REGULATORS ON THE PRODUCTION PROCESS OF SOWINGS AND THE YIELD OF BARLEY ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

N.V. Barbasov, I.R. Vildflush

Summary

Application of MicroStim-Copper L, EleGum-Copper and Adobe Copper amid at the background of $N_{90}P_{60}K_{90}$ increased the grain yield of barley by 0,69, 0,90 and 0,60 t/ha respectively, and complex fertilizer Nutrivant Plus and Kristalon at the same background by 0,43 and 0,56 t/ha. Maximum yield of barley (7,0 t/ha) on average over 2015–2017 was obtained in the variant with barley crops treatment by MicroStim-Copper L at the background of $N_{80}P_{70}K_{120} + N_{40carb}$.

Поступила 10.11.2017

УДК 631.82:633.13:631.445.2

ВЛИЯНИЕ ЗАПАШКИ СОЛОМЫ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА ГОЛОЗЕРНОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

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

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

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур должны быть направлены на получение высоких, экономически и экологически обоснованных урожаев при сохранении плодородия почвы. Одним из способов удешевления и экологизации производства растениеводческой продукции является использование в качестве удобрения листостебельной массы и соломы возделываемых культур.

Солома является одним из самых дешевых и доступных источников органического вещества и обеспечивает повторное включение в круговорот биогенных элементов питания растений [1, 2]. При ее разложении в почву поступают практически

все необходимые растениям питательные вещества. Химический состав соломы значительно варьирует в зависимости от биологических особенностей культур. В соломе гречихи в расчете на 1 т сухого вещества в зависимости от погодных условий и условий произрастания может содержаться 3,3–12,6 кг азота, 2,7–11,7 кг фосфора, 19,8–40,8 кг калия, 3,0–11,3 кг кальция, 1,5–8,3 кг магния, 439–463 кг углерода, которые могут быть резервом минерального питания для растений [3]. По данным Т. Szabai с соавторами [4] ежегодное использование на полях нетоварной части урожая озимой пшеницы и кукурузы в качестве органических удобрений позволяет значительно сократить расход калийных и фосфорных удобрений.

Мнения ученых о влиянии соломы на урожайность сельскохозяйственных культур и о необходимости внесения компенсирующих доз азота по соломе расходятся. Одни исследователи [5–7] отмечают необходимость дополнительного внесения азота по соломе, другие [8, 9] отмечают, что с повышением плодородия дерново-подзолистых почв и ежегодным применением полного минерального удобрения под сельскохозяйственные культуры роль компенсирующих доз азота по соломе уменьшается.

Цель исследований – установление влияния компенсирующей дозы азота по соломе гречихи и скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом содержания этих элементов в запаханной соломе, на урожайность зерна овса голозерного на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Включение в севооборот овса голозерного связано с его высокой пищевой ценностью и недостаточностью изученности технологии возделывания данной культуры. Зерно овса голозерного содержит 12–15 % белка, 4–6 % жира, 40–45 % крахмала. При его переработке получают различные виды продуктов питания, которые легко усваиваются, очищают организм и обладают высокими энергетическими и питательными свойствами, что в свою очередь позволяет использовать их в детском питании [10, 11].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния заправки соломы гречихи Сапфир и доз минеральных удобрений на урожайность овса голозерного Крепыш проводили в стационарном технологическом опыте, заложенном на опытном поле Института почвоведения и агрохимии в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве. Перед закладкой полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями пахотного слоя: pH_{KCl} 5,7–6,0, содержание гумуса – 2,15–2,64 %, подвижных форм P_2O_5 – 120–160 мг/кг почвы, K_2O – 135–172 мг/кг.

Опыты проводили в двух последовательно открывающихся полях со следующим чередованием культур: кукуруза (2011, 2012 гг.) – подсолнечник (2012, 2013 гг.) – ячмень + сидеральный люпин (2013, 2014 гг.) – гречиха (2014, 2015 гг.) – овес голозерный (2015, 2016 гг.).

Дозы минеральных удобрений под изучаемые сельскохозяйственные культуры составляли: кукуруза – $N_{90+30}P_{60}K_{140}$; подсолнечник – $N_{90}P_{60}K_{120}$; ячмень – $N_{60+30}P_{60}K_{120}$; гречиха – $N_{40}P_{50}K_{90}$; овес голозерный – $N_{60+30}P_{50}K_{100}$.

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

Схема опыта представлена в табл. 1. После уборки гречихи на зерно в вариантах 5–17 измельченную солому в дозе 3,9 т/га равномерно распределили по делянкам. Кроме этого, под предшествующие культуры было запахано: в 2010–2011 гг. – 3,1 т/га соломы ячменя, в 2011–2012 гг. – 6,3 т/га растительных остатков кукурузы, в 2012–2013 гг. – 6,1 т/га листостебельной массы подсолнечника, в 2013–2014 гг. – 3,9 т/га соломы ячменя. В вариантах без соломы побочную продукцию вывозили с поля. Подстилочный навоз КРС в дозе 60 т/га внесли перед закладкой опыта под кукурузу, жидкий навоз КРС в дозе 30 т/га – ежегодно по измельченной соломе предшествующей культуры с последующей заправкой в почву.

Применяемые органические удобрения имели следующие показатели (в расчете на сухое вещество): жидкий навоз КРС – N – 2,87 %, P₂O₅ – 2,27 %, K₂O – 4,44 %, углерод – 30 %, влажность – 95 %, отношение C/N – 10; солома гречихи – N – 0,91 %, P₂O₅ – 0,41 %, K₂O – 2,90 %, углерод – 45,1 %, влажность – 16 %, отношение C/N – 50.

Минеральные удобрения аммонизированный суперфосфат и калий хлористый внесены весной под культивацию, карбамид – под предпосевную культивацию и в подкормку в фазу начало выхода в трубку. Под овес внесены полные дозы минеральных удобрений – N₆₀₊₃₀P₅₀K₁₀₀ и скорректированные дозы с учетом высвобождения фосфора и калия из соломы гречихи – N₆₀₊₃₀P₄₀K₃₀.

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение pH_{KCl} по ГОСТ 27979-88; влаги и сухого вещества – 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 после мокрого озоления серной кислотой определяли азот – методом Кьельдаля (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 [12]. Статистическую обработку результатов проводили согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [13] с использованием MS Excel 2010.

Овес – сравнительно холодостойкая культура. Его семена прорастают при температуре 3–4 °С и для набухания поглощают воды около 65 % от веса зерновки. Всходы этой культуры могут переносить кратковременные заморозки до –6...–8 °С. Овес является влаголюбивым растением. Наибольшее потребление влаги отмечается примерно за две недели до выметывания метелки, когда начинается развитие генеративных органов. При недоборе влаги в этот период наблюдается уменьшение числа колосков в метелке и зерен в колосках, что вызывает потерю урожая.

Ю.А. Дмитренко в работе [14] установлено, что в Республике Беларусь у овса на климатические факторы приходится 40 % вариации его урожайности.

Погодные условия вегетационных периодов овса голозерного в 2015 г. и 2016 г. существенно различались по количеству осадков и периодам их выпадения, что отразилось на урожайности зерна. Засушливый период, начавшийся со второй декады мая 2015 г. и продолжавшийся до первой декады июля (за этот пери-

од выпало всего 22 мм осадков) был причиной неэффективности минеральных удобрений, в то время как органические удобрения (солома с сидератами или с жидким навозом) оказали благоприятное влияние на рост и развитие растений. В 2016 г. минеральные удобрения оказали существенное влияние на урожайность зерна овса, в отличие от 2015 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При возделывании овса голозерного в 2015 г. за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы урожайность сформирована на уровне 18,8 ц/га (табл. 1). Минеральные удобрения, внесенные под овес, были неэффективны (вар. 2, 4, 6, 7, 9, 10, 13) или низкоэффективны (вар. 16, 17), где прибавка урожайности зерна за счет внесения скорректированной и полной доз минеральных удобрений составила 3,2 и 3,9 ц/га соответственно. При заправке соломы с жидким навозом КРС и в варианте с заделкой сидератов под предшественник наблюдалось увеличение урожайности зерна на 6,4 и 5,7 ц/га. Максимальная урожайность зерна – 25,2 ц/га получена в варианте с заправкой соломы с 30 т/га жидкого навоза КРС.

Таблица 1

Влияние удобрений и сроков дополнительного внесения азота при заправке соломы гречихи на урожайность овса голозерного (влажность 14 %), 2015–2016 гг.

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			
		2015 г.	2016 г.	среднее	к контролю	от NPK	от соломы с доп. N	от доп. N
1	Без удобрений	18,8	6,7	12,8	–	–	–	–
2	N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	18,9	14,1	16,5	3,7	3,7	–	–
3	ПН КРС, 60 т/га	17,3	6,8	12,1	-0,7	–	–	–
4	ПН КРС, 60 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	17,1	14,0	15,6	2,8	3,5	–	–
5	Солома + сидераты	24,5	10,0	17,3	4,5	–	4,5	1,3
6	Солома + сидераты + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	22,5	20,4	21,5	8,7	4,2	5,0	-1,6
7	Солома + сидераты + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	22,7	20,1	21,4	8,6	4,1	4,9	-1,3
8	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га	25,2	14,4	19,8	7,0	–	7,0	3,8
9	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	21,2	22,1	21,7	8,9	1,9	5,2	-1,4
10	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	22,8	23,1	23,0	10,2	3,2	6,5	0,3
11	Солома + N ₃₀ весной	22,4	15,7	19,1	6,3	–	6,3	3,1
12	Солома + N ₃₀ осенью	23,8	13,2	18,5	5,7	–	5,7	2,5
13	Солома + N ₃₀ осенью + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	23,9	21,8	22,9	10,1	4,4	6,4	-0,2

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка урожая, ц/га			
		2015 г.	2016 г.	среднее	к контролю	от NPK	от соломы с доп. N	от доп. N
14	Солома + N ₃₀ осенью + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	23,8	26,3	25,1	12,3	6,6	8,6	2,4
15	Солома	19,1	12,9	16,0	3,2		3,2	
16	Солома + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	23,0	23,2	23,1	10,3	7,1	6,6	
17	Солома + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	22,3	23,0	22,7	9,9	6,7	6,2	
	НСП ₀₅	1,8	1,7	1,8				

В засушливых условиях 2016 г. в неудобренных вариантах была сформирована очень низкая урожайность зерна – 6,7–6,8 ц/га. Этому способствовал бездождный период во время цветения и частично налива зерна. В этом году существенное влияние на урожайность зерна оказали минеральные удобрения в зависимости от варианта прибавка составила 7,2–13,1 ц/га. Запашка соломы в чистом виде или с компенсирующими дозами азота способствовала увеличению урожайности зерна на 3,3–12,2 ц/га. Максимальная в опыте урожайность зерна овса голозерного – 26,3 ц/га получена при применении минеральных удобрений по фону соломы с осенним внесением компенсирующей дозы азота.

В среднем за 2 года за счет плодородия почвы урожайность зерна овса составила 12,8 ц/га. Запашка соломы предшествующих культур в чистом виде увеличила данный показатель на 3,2 ц/га. Осеннее внесение компенсирующей дозы азота по соломе способствовало росту урожайности на 2,5 ц/га, весеннее внесение азота – на 3,1 ц/га.

Применение соломы с внесением компенсирующей дозы азота в составе жидкого навоза КРС в дозе 30 т/га увеличило урожайность на 7,0 ц/га, при этом за счет жидкого навоза КРС получено 3,8 ц/га. За счет внесения скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений с учетом фосфора и калия, высвобождающихся из соломы гречихи, снижение урожайности овса не наблюдалось по сравнению с применением полных доз удобрений, что позволило сэкономить 10 кг действующего вещества фосфорных удобрений и 70 кг действующего вещества калийных удобрений.

Погодные условия вегетационных периодов овса голозерного повлияли не только на продуктивность возделываемой культуры, но и на накопление элементов питания в основной и побочной продукции. В среднем по опыту в 2015 г. в зерне овса содержалось азота 1,59 %, фосфора – 0,76 %, калия 0,45 %. В 2016 г. накопление азота и фосфора в зерне было значительно выше – 2,26 % и 1,0 % соответственно, в то время как калий был на уровне 2015 г. – 0,48 %. В соломе овса также наблюдались различия в содержании азота и фосфора: в 2015 г. в среднем по опыту азота было на уровне 0,48 %, фосфора – 0,56 %, в 2016 г. – 0,64 и 0,35 %, соответственно, среднее содержание калия по годам практически одинаковое – 1,81 и 1,80 %.

В среднем за два года в зерне овса голозерного в зависимости от варианта опыта содержание азота изменялось от 1,73 до 2,14 %, фосфора – от 0,83 до 0,92 %, калия – от 0,42 до 0,48 %, в соломе азота было на уровне 0,36–0,82 %, фосфора – 0,39–0,53 %, калия – 1,48–2,00 % (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений на химический состав зерна и соломы овса голозерного, среднее за 2015–2016 гг.

№ п/п	Вариант	Зерно			Солома		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		% в сухом веществе					
1	Без удобрений (контроль)	1,80	0,88	0,46	0,62	0,44	1,48
2	N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	2,11	0,86	0,46	0,62	0,50	1,85
3	ПН КРС, 60 т/га	1,89	0,85	0,47	0,36	0,46	1,59
4	ПН КРС, 60 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	2,00	0,89	0,47	0,65	0,53	1,78
5	Солома + Сидераты	1,97	0,87	0,44	0,58	0,40	1,71
6	Солома + Сидераты + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	2,07	0,87	0,45	0,55	0,49	2,00
7	Солома + Сидераты + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	1,87	0,87	0,46	0,82	0,42	1,89
8	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га	1,73	0,92	0,45	0,52	0,44	1,89
9	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	2,11	0,90	0,47	0,60	0,44	1,97
10	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	1,94	0,90	0,46	0,64	0,44	1,92
11	Солома + N ₃₀ весной	1,93	0,86	0,42	0,49	0,39	1,72
12	Солома + N ₃₀ осенью	1,83	0,89	0,43	0,50	0,41	1,75
13	Солома + N ₃₀ осенью + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	2,14	0,92	0,47	0,53	0,49	1,94
14	Солома + N ₃₀ осенью + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	1,74	0,83	0,43	0,63	0,47	1,85
15	Солома	1,76	0,85	0,43	0,46	0,45	1,76
16	Солома + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	1,94	0,87	0,48	0,48	0,47	1,80
17	Солома + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	1,89	0,87	0,45	0,44	0,48	1,78
	Среднее	1,93	0,88	0,46	0,56	0,45	1,80

На основании урожайных данных и элементного состава основной и побочной продукции овса голозерного рассчитан хозяйственный и удельный вынос элементов питания. В среднем за два года в зависимости от варианта опыта для формирования урожая возделываемой культуры из почвы было использовано: азота – 21–56 кг, фосфора – 13–32 кг, калия – 19–65 кг (табл. 3).

Таблица 3

Влияние удобрений на общий и удельный вынос элементов питания с урожаем овса голозерного, 2015–2016 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)	24	13	19	18,8	10,2	14,8
2	N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	42	24	47	25,5	14,5	28,5
3	ПН КРС, 60 т/га	21	12	18	17,4	9,9	14,9
4	ПН КРС, 60 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	40	25	46	25,6	16,0	29,5
5	Солома + Сидераты	37	19	33	21,4	11,0	19,1

№ 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
6	Солома + Сидераты + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	49	28	56	22,8	13,0	26,0
7	Солома + Сидераты + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	56	28	60	26,2	13,1	28,0
8	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га	38	24	45	19,2	12,1	22,7
9	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	53	29	61	24,4	13,4	28,1
10	Солома + Жидкий навоз КРС, 30 т/га + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	55	32	65	23,9	13,9	28,3
11	Солома + N ₃₀ весной	40	21	39	20,9	11,0	20,4
12	Солома + N ₃₀ осенью	36	20	35	19,5	10,8	18,9
13	Солома + N ₃₀ осенью + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	56	32	64	24,5	14,0	27,9
14	Солома + N ₃₀ осенью + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	55	31	59	21,9	12,4	23,5
15	Солома	30	19	32	18,8	11,9	20,0
16	Солома + N ₆₀₊₃₀ P ₅₀ K ₁₀₀	50	31	58	21,6	13,4	25,1
17	Солома + N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₃₀	47	30	55	20,7	13,2	24,2
Среднее в удобренных вариантах		44	25	48	22,1	12,7	24,1

В результате исследований установлено, что с одной тонной зерна овса голозерного и соответствующим количеством побочной продукции в среднем вынесено: азота – 22,1 кг/т, фосфора – 12,7 кг/т, калия – 24,1 кг/т.

Экономическую эффективность применения удобрений оценивали такими показателями как условно чистый доход, рентабельность, себестоимость дополнительной продукции и рассчитывали по уровню цен на 2016 г. в долларовом эквиваленте (USD). Условно чистый доход на 1 га посевов рассчитывали как разность между стоимостью прибавки урожая, полученной за счет удобрений, и стоимостью затрат на получение этой прибавки и доработки урожая.

Для расчетов принимали: стоимость 1 т зерна овса 120 USD; затраты на уборку и доработку прибавки урожая – 2,0 USD/т; стоимость минеральных удобрений 1 т д.в.: азота – 400,7 USD, фосфора – 865,5, калия – 63,8 USD; затраты на внесение 1 т д.в. минеральных удобрений на расстояние 5 км от склада: азота – 40,0 USD, фосфора – 28,0 USD, калия – 19,2 USD; затраты на внесение на расстояние 5 км 1 т жидкого навоза КРС – 1,5 USD.

Расчет экономической эффективности применяемых в опыте систем удобрения показал, что в среднем за два года внесение минеральных удобрений под овес голозерный при минеральной системе удобрения было убыточным: 56 USD/га при самой высокой в опыте себестоимости прибавки урожая – 270 USD/т.

При органо-минеральной системе удобрения, где солому запахивали с компенсирующими дозами азота и весной вносили N₆₀₊₃₀P₅₀K₁₀₀, убыток составил -5– -48 USD/га. Рентабельными в опыте были варианты с внесением минеральных удобрений по соломе без компенсирующих доз азота (10–20 %) и с применением N₆₀₊₃₀P₄₀K₃₀ по соломе с дополнительным азотом в виде карбамида – 27 %.

Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом поступления фосфора и калия с соломой гречихи позволило снизить затраты на удобрения на 15 USD/га и снизить себестоимость продукции на 11–34 USD/т.

Таблица 4

Экономическая эффективность применения удобрений при возделывании овса голозерного, среднее за 2015–2016 гг.

Вариант	Стоимость прибавки урожая	Затраты	Условно чистый доход	Рентабельность, %	Себестоимость, USD/т
	USD/га				
$N_{60+30}P_{50}K_{100}$	44	100	-56	-56	270
Солома + Сидераты + $N_{60+30}P_{50}K_{100}$	104	110	-6	-5	127
Солома + Сидераты + $N_{60+30}P_{40}K_{30}$	104	95	8	9	110
Солома + ЖН КРС, 150 т/га	84	59	25	42	84
Солома + ЖН КРС, 150 т/га + $N_{60+30}P_{50}K_{100}$	107	155	-48	-31	175
Солома + ЖН КРС, 150 т/га + $N_{60+30}P_{40}K_{30}$	122	143	-21	-15	141
Солома + N_{30} весной	76	26	50	193	41
Солома + N_{30} осенью	68	25	43	178	43
Солома + N_{30} осенью + $N_{60+30}P_{50}K_{100}$	121	126	-5	-4	125
Солома + N_{30} осенью + $N_{60+30}P_{40}K_{30}$	147	116	31	27	94
Солома + $N_{60+30}P_{50}K_{100}$	124	113	11	10	110
Солома + $N_{60+30}P_{40}K_{30}$	118	98	20	20	99

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании овса голозерного наиболее высокая урожайность зерна (21,4–25,1 ц/га) сформирована в вариантах с органо-минеральной системой удобрения, где в качестве органических удобрений запахивалась солома возделываемых культур.

2. В варианте с запашкой побочной продукции предшественников без компенсирующих доз азота в среднем за два года получено зерна овса 16,0 ц/га, что на 3,2 ц/га выше, чем в неудобренном. Внесение дополнительного азота по растительным остаткам предшествующих культур обеспечило прибавку урожайности зерна на 3,1 ц/га при весеннем и 2,5 ц/га при осеннем внесении. В варианте с внесением под овес $N_{60+30}P_{40}K_{30}$ дополнительное внесение азота по соломе увеличило урожайность на 2,4 ц/га, в варианте с полной дозой NPK дополнительный азот был не эффективным.

3. Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом содержания фосфора и калия в соломе гречихи, запаханной под овес, позволило снизить затраты на удобрения на 15 USD/га, или на 16 % без снижения урожайности зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серая, Т.М. Особенности применения соломы на удобрение / Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 13 (69). – С. 29–33.

2. *Никончик, П.И.* Что дает заплата соломы. И дает ли? / П.И. Никончик, А.Ч. Скируха // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – С. 3–5.
3. Коэффициенты пересчета зерна и семян в побочную продукцию и содержание основных элементов питания в побочной продукции сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / Е.Н. Богатырева [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2(57). – С. 78–89.
4. *Szabai, T.* The use of kinds of agricultural organic matter in crop production / T. Szabai, L. Radics, M. Birkas // Ecological Bulletin. – Copenhagen, 1988. – № 39. – P. 58–59.
5. Методические указания по учету и применению органических удобрений / В.В. Лапа [и др.] // Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 13 с.
6. Справочная книга по производству и применению органических удобрений / под ред. А.И. Еськова // ВНИПТИОУ. – Владимир, 2001. – С. 322–326.
7. *Карелин, Г.* Наиболее целесообразное использование соломы / Г. Карелин, Н. Володарская // Земледелие. – 1974. – № 8. – С. 57–59.
8. *Донос, А.И.* Роль растительных остатков в пополнении запасов минерального питания / А.И. Донос, Д.Н. Кордуняну // Агрохимия. – 1980. – № 6. – С. 63–69.
9. *Верниченко, Л.Ю.* Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур / Л.Ю. Верниченко, Е.Н. Мишустин // Использование соломы как органического удобрения. – М.: Наука, 1980. – С. 1–7.
10. *Лапа, В.В.* Фотосинтетическая продуктивность растений голозерного овса в зависимости от доз минеральных удобрений / В.В. Лапа, М.С. Лопух // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2(43). – С. 166–174
11. *Баитова, С.Н.* Влияние гидротермической обработки на качество хлопьев из голозерного овса: современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. / С.Н. Баитова; МСХиП РБ, УО «ГГАУ». – Гродно, 2009. – С. 458.
12. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.] – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.
13. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
14. *Дмитренкова, Ю.А.* Климатическая обусловленность урожайности сельскохозяйственных культур Республики Беларусь / Ю.А. Дмитренкова // Природные ресурсы: межведомственный бюллетень. – 2004. – № 1. – С. 26–35.

INFLUENCE OF PLOWING OF THE PRECEDING CROP STRAW AND MINERAL FERTILIZERS DOSES ON HULLESS OATS PRODUCTIVITY ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

T.M. Kirdun, T.M. Seraya, E.N. Bogatyrova, Y.A. Belyavskaya, M.M. Torchilo

Summary

In studies on sod-podzolic sandy loam soil it was found that lower doses of phosphate and potash fertilizers with regard to the content of phosphorus and potassium in the plowed preceding crop straw ensured the grain yield of oats at the level of full

doses of mineral fertilizers by reduction in expenditure for fertilizers on 15 USD/ha, or 16 %. The use of compensatory nitrogen dose with buckwheat straw in the form of urea provided the increase of grain yield of oats on 3,1 c/ha during the spring application and on 2,5 c/ha in autumn. The highest grain yield (21,4–25,1 c/ha) was obtained in the organic-mineral system of fertilizers.

Поступила 4.12.2017

УДК 631.8.022.3:633.853.494:631.445.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО РАПСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

**Г.В. Пироговская¹, С.С. Хмелевский¹, В.И. Сороко¹, О.И. Исаева¹,
Т.В. Гарбузова¹, Мартин Пиларж², Петр Балек²**

*¹Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

²Чешская компания AGRA GROUP a.s., Чехия

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь рапс озимый и яровой являются основными масличными культурами и высеваются во всех регионах страны. Семена рапса содержат 40–46 % жира и 20–27 % протеина и являются основой для производства пищевых растительных и технических масел. Побочные продукты (жмыхи и экстракционные шроты) используются на корм сельскохозяйственным животным и птице. Рапс также является отличным предшественником для многих культур и фитосанитаром для зерновых [1, 2].

Посевные площади рапса озимого и ярового в последние годы составляли: в 2013 г. – 417 тыс. га, 2014 г. – 414, в 2015 г. – 259, 2016 г. – 229 тыс. га. При этом средняя урожайность маслосемян рапса (озимого и ярового) в 2013 г. по республике составляла 16,7 ц/га, в 2014 г. – 18,2, в 2015 г. – 15,7, в 2016 г. – 12,4 ц/га, что значительно ниже его потенциальной урожайности – 40–50 ц/га [3, 4, 5]. Задача увеличения урожайности маслосемян рапса и, соответственно, валовых сборов обусловлена постоянно растущим спросом на растительные масла как на внутреннем, так и внешних рынках. Среди факторов, определяющих высокую урожайность семян рапса, ведущая роль принадлежит азотным удобрениям, на внесение которых рапс наиболее отзывчив.

С целью оптимизации азотного питания, азотные удобрения рекомендуется вносить в несколько приемов. Так, при возделывании рапса озимого в республике, согласно технологии его возделывания, в основную или предпосевную обработку почвы рекомендуется вносить до 30–40 кг/га азота, в первую подкормку (начало

возобновления весенней вегетации растений) – 80–120 кг/га, во вторую подкормку (фаза стеблевания–начало вегетации) – 40–80 кг/га азота. При внесении более 200 кг/га д.в. азота проводят третью подкормку в дозе 30–60 кг/га. При этом наилучшими формами азотных удобрений, применяемых в технологии возделывания рапса, являются сульфат аммония, карбамид и аммиачная селитра [6, 7].

В последние годы на рынок минеральных удобрений Республики Беларусь выходят новые зарубежные компании-производители минеральных удобрений с предложением своей продукции. Одним из таких производителей является Чешская компания AGRA GROUP a.s., выпускающая азотное удобрение UREA^{stabil} с ингибитором уреазы NBPT, который позволяет замедлить разложение карбамида в почве, снижает потери азота в окружающую среду.

Целью исследований являлась сравнительная оценка эффективности применения разных форм азотных удобрений в полевых и производственных посевах при возделывании рапса озимого в почвенно-климатических условиях республики.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые и производственные испытания агрономической эффективности разных форм азотных удобрений в технологии возделывания озимого рапса проводили в условиях 2013–2016 гг. в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0–25 см) на момент закладки опытов была следующая:

➤ в 2013–2014 гг. в полевом опыте с рапсом озимым: pH_{KCl} – 5,15, содержание подвижных форм P_2O_5 – 377 и K_2O – 238 мг/кг почвы, обменных форм Ca – 1284 и Mg – 105 мг/кг почвы, содержание органического вещества – 1,99 %;

➤ в 201–2016 гг. в полевом опыте с озимым рапсом – pH_{KCl} – 6,02, P_2O_5 – 592, K_2O – 351 мг/кг почвы, Ca – 2012 мг/кг почвы, Mg – 135 мг/кг почвы, содержание органического вещества – 1,95 %;

➤ в производственном опыте (2014–2015 гг.) с озимым рапсом – pH_{KCl} – 5,53–5,91, P_2O_5 – 163–188, K_2O – 242–286 мг/кг почвы, Ca – 1443 мг/кг почвы, Mg – 220 мг/кг почвы, содержание органического вещества – 2,81 %.

В качестве азотных удобрений в опытах применяли: карбамиды стандартный и с регулятором роста растений Гидрогумат, выпускаемые в Республике Беларусь на ОАО «Гродно Азот» и карбамид UREA^{stabil} – Чешской компании AGRA GROUP a.s.

Мочевина (карбамид) – концентрированное твердое азотное удобрение содержит 46 % азота ($CO(NH_2)_2$) в амидной форме, гранулированное вещество белого цвета, малогигроскопично, почти не слеживается во время хранения, имеет высокую сыпучесть, хорошо рассеивается.

Мочевина (карбамид) с регулятором роста растений Гидрогумат содержит 46 % азота и гуминовый препарат из торфа Гидрогумат (ТУ РБ 03535026.282.97). Гидрогумат получен методом последовательного кислотного-щелочного гидролиза торфа, в составе его действующих веществ на долю гуминовых кислот (ГК) и гуминоподобных (ГПВ – C – 32,2 % N – 3,9, N – 3,5 и O – 64,4 %) приходится около 70–80 %, биологически активных низкомолекулярных карбоновых кислот –

15–20 % и 4–5 % – аминокислот, содержание сухих веществ – 7,5–10,0 %, реакция среды (величина pH – 10,0–11,0). Карбамид с регулятором роста растений Гидрогумат – это медленнодействующая форма азотного удобрения, степень растворимости азота в воде и в почве в 1,1–1,3 раза медленнее, чем стандартного карбамида [8, 9].

Удобрение UREA^{stabil} представляет собой концентрированное твердое гранулированное азотное удобрение (мочевина (46 % N), модифицированное добавлением ингибитора уреазы NBPT (триамид – (N-(н-бутил) тиофосфорной кислоты ELINCS: 435-740-7)), Чешской компании AGRA GROUP a.s. Это удобрение зарегистрировано во всех странах Европейского Союза, а с 2015 г. – и в Республике Беларусь. Добавление ингибитора в азотное удобрение замедляет разложение карбамида в почве и сокращает потери азота в окружающую среду.

Изучение агрономической эффективности азотных удобрений проводилось в полевом опыте в вариантах, где азотные удобрения применяли в основное внесение с осени (в дозе N₃₀ на фоне внесения P₇₀K₁₃₃) и в подкормки (N₁₀₀ – в начале вегетации растений рапса озимого и N₆₀ – перед цветением) в течение вегетации рапса (на фоне некорневых подкормок микроэлементами и без них). В производственном опыте проводили две подкормки N₁₀₀₊₇₀ (в начале вегетации растений рапса озимого и перед цветением) на фоне внесения с осени N₆₀P₉₀K₁₅₀.

Согласно технологического регламента возделывания рапса озимого, рекомендуется в период вегетации растений проведение 2-х дополнительных некорневых подкормок микроэлементами (B₂₀₀₊₂₀₀ и Mn₅₀₊₅₀) на фоне NPK. В исследованиях изучалась сравнительная оценка эффективности некорневых подкормок микроэлементами (в форме сульфатов и хелатов) на фоне внесения разных форм азотных удобрений и РК. Первая некорневая подкормка микроэлементами проводилась в фазу стеблевания, вторая – перед цветением рапса озимого.

В полевом и производственном опытах в 2013–2014 гг. возделывался рапс озимый сорта Прогресс, в 2014–2015 гг. – Текник (F1), в 2015–2016 гг. – Марафон (F10). В опытах проводился учет урожайности основной и побочной продукции, а также определялись показатели качества маслосемян рапса и его химический состав.

Выбор участков, подбор почвы, закладка полевых и производственных опытов, отбор почвенных образцов перед закладкой опытов, способы и сроки внесения испытуемых удобрений, выпускаемых в Республике Беларусь на ОАО «Гродно Азот» и в Чехии, осуществлялись в соответствии с известными указаниями [10, 11].

Агротехника возделывания рапса озимого на опытных участках общепринятая для Беларуси (в соответствии с технологическим регламентом возделывания) [7]. Урожайность семян рапса озимого приведена при 8 % влажности.

Аналитическая обработка экспериментальных данных, полученных в опытах, выполнялась по общепринятым методикам.

Перед закладкой опытов отбирали почвенные образцы с пахотного горизонта и анализировали 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 26213-9.

В растительных пробах определение азота, фосфора, калия, кальция, магния осуществляли после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода) 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.

Определение содержания масла в семенах проводили на приборе INFRANEO.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову [11] с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на персональном компьютере, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы Excel.

Температура воздуха и атмосферные осадки приведены по данным наблюдений Гидрометцентра Республики Беларусь и лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Важным фактором формирования урожайности является температура воздуха и количество атмосферных осадков в период вегетации рапса.

Для оценки условий увлажнения применяется показатель увлажнения – гидротермический коэффициент (ГТК). Если ГТК больше 1,6, то год считается влажный, от 1,6–1,3 – оптимальный, от 1,3 до 1,0 – слабозасушливый, от 1,0 до 0,7 – засушливый, от 0,7 до 0,4 – очень засушливый, от 0,4 до 0,2 – сухой, от 0,2 и меньше – очень сухой.

В 2013–2014 г. в ОАО «Гастелловское» в осенние месяцы (сентябрь и октябрь) в период активного нарастания биомассы растений, количество атмосферных осадков выпало меньше среднемесячной многолетней нормы, в том числе в сентябре – 37,8 мм или 64 % от нормы, в октябре – 21,9 мм, или 44 % от нормы. В вегетационный период возделывания рапса озимого в условиях 2014 г. (от начала активной вегетации растений рапса до уборки) атмосферные осадки распределялись неравномерно по месяцам. Так, в апреле они составляли 13,7 мм и были ниже среднемноголетнего значения на 34,3 мм. Повышенное количество осадков наблюдалось в мае (83,4 мм, или 137 % от нормы) и июне (113,4 мм, или 140 % от нормы), что положительно сказалось на росте, развитии растений и формировании урожая этой культуры. Сумма осадков составила с сентября 2013 по август 2014 г. – 710 мм, при среднемноголетнем значении за этот период – 696 мм, а за 4–8 месяц (2014 г.) – 452 мм, при среднемноголетнем – 363 мм.

В 2015-2016 г. в ОАО «Гастелловское» атмосферные осадки в период вегетации рапса озимого также распределялись по месяцам неравномерно: в осенние месяцы (сентябрь и октябрь 2015 г.) они составили 82,6 (140 % от нормы) и 26,8 мм (54 % от нормы). В 2016 г. в апреле сумма выпавших осадков составила 43,8 мм, в мае – 45,0, июне – 53,5, а июле – 149,0, августе – 39,0 мм. За период с апреля по август 2016 г. выпало 330 мм осадков, при среднемноголетнем –

363 мм, с сентября 2014 по август 2015 г. – 448 мм, с сентября 2015 по август 2016 г. – 640 мм.

При проведении производственного опыта с рапсом озимым (2014-2015 гг.) в сентябре (2014 г.) выпало 25,6 мм (43 % от нормы), в октябре – 10,5 мм или 21 % от нормы. Количество атмосферных осадков во все месяцы исследований 2015 г. (апрель–август) было ниже среднемноголетнего значения, в том числе в апреле в 1,8 раза, мае – 1,1, июне – 6,6, июле – 1,8 раза, а в августе атмосферные осадки вовсе отсутствовали. В сумме количество осадков за период с апреля по август (2015 г.) составило 256 мм, а с сентября 2014 по август 2015 г. – 448 мм.

Распределение атмосферных осадков по годам проведения исследований представлено на рис. 1.

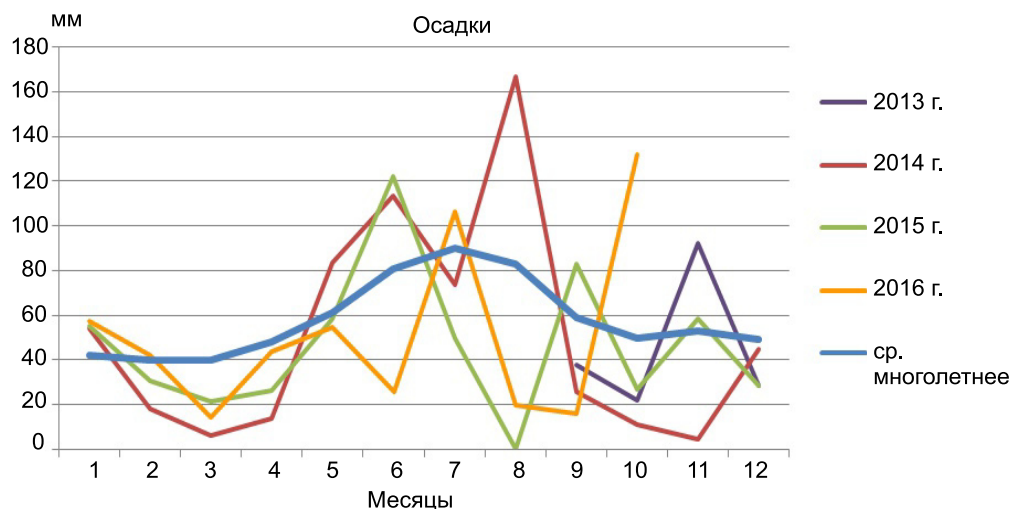


Рис. 1. Выпадение атмосферных осадков в годы исследований (2013–2016 гг.)

Что касается температуры воздуха, то следует отметить, что только в сентябре 2013 г. она была на уровне (11,4 °С) среднемноголетнего значения (11,6 °С). В октябре она была выше (6,2 °С) среднемноголетнего показателя (5,8 °С). В 2014 г. среднемесячная температура воздуха за период вегетации рапса (апрель–август) была ниже нормы только в июне (в 1,1 раза), а в остальные месяцы она была значительно выше (в 1,1–1,6 раза в зависимости от месяца). В сентябре и октябре 2014 г., а также апреле, июне, июле и августе 2015 г. температура была выше среднемноголетнего значения и только в мае (12,1 °С) находилась на уровне (12,4 °С). В сентябре 2015 г. температура воздуха была выше в 1,2 раза, а в октябре – в 1,1 раза ниже среднемноголетней, средняя температура воздуха за апрель–август 2016 г. составила 16,0 °С, что на 2,7 °С выше среднемноголетнего значения (рис. 2).

Гидротермический коэффициент (ГТК) различался по годам исследований, месяцам, и в целом за вегетационный период (апрель–август). В 2014 г. ГТК за апрель–август составил 1,8 (0,6 – апрель, 2,9 – август) и вегетационный период характеризовался как влажный, соответственно, в 2015 г. – ГТК – 1,2 (0,9 – июль и 2,5 – июнь) и в 2016 г. – ГТК – 1,1 (0,3 – август и 1,8 – апрель и июль), вегетационный период был слабозасушливый.

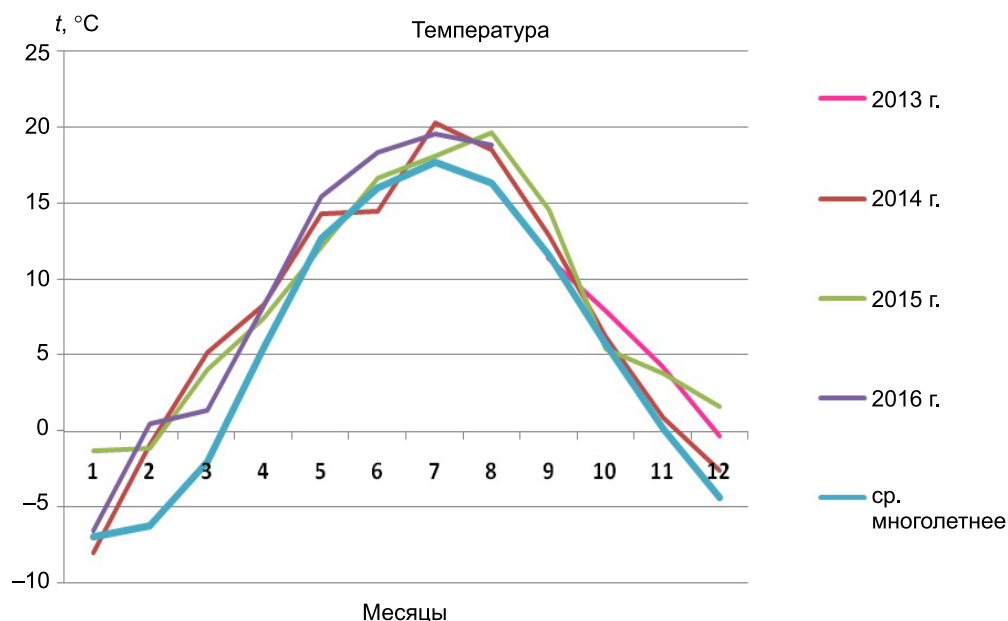


Рис. 2. Температура атмосферного воздуха в годы исследований (2013–2016 гг.)

Установлено, что в условиях влажного вегетационного периода (2013–2014 гг.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве урожайность семян рапса озимого изменялась в пределах от 29,4 (контроль) до 39,8–43,4 ц/га (удобренные варианты). Внесение макро-, и микроудобрений в опыте способствовало увеличению урожайности семян рапса на 10,4–14,0 ц/га по сравнению с контролем и на 1,0–3,6 по сравнению с базовым вариантом 2 (стандартные удобрения – с карбамидом, производства Республики Беларусь). Следует отметить, что урожайность семян рапса озимого (2015–2016 гг.), при слабозасушливых условиях вегетации (2016 г.), была в вариантах с удобрениями (вар. 2–8) в 1,2–1,4 раза ниже, а на контрольном варианте без удобрений в 2,2 раза ниже по сравнению с 2013–2014 гг. (табл. 1).

Применение в качестве азотных удобрений карбамида UREA^{stabil} на фоне фосфорно-калийных удобрений обеспечивало в среднем за два года исследований увеличение урожайности семян на 2,3 ц/га (вар. 6) относительно аналогичного варианта с внесением карбамида стандартного (вар. 2)

Применение микроэлементов (B₂₀₀₊₂₀₀ и Mn₅₀₊₅₀) на фоне стандартных удобрений (вар. 3–4) обеспечивало в среднем за два года увеличение урожайности семян рапса озимого (на 0,8–1,4 ц/га, при НСР₀₅ = 2,2 ц/га). Следует отметить, что в годы исследований не получено достоверной прибавки семян рапса озимого от использования микроэлементов как в форме хелатов, так и в форме химических солей на фоне стандартных удобрений (вар. 3–4) и на фоне карбамида UREA^{stabil} (вар. 7–8).

Установлено положительное влияние совместного применения в технологии возделывания рапса озимого карбамида с регулятором роста растений Гидрогумат в основное внесение и в подкормки (N₃₀₊₁₀₀₊₆₀) на фоне P₇₀K₁₃₃ с двумя некорневыми подкормками микроэлементами в форме хелатов, обеспечившими

повышение урожайности семян рапса озимого на 2,2 ц/га (вар. 5), а также карбамида UREA^{stabil} (вар. 8), с прибавкой урожайности семян на 2,8 ц/га по сравнению с аналогичным вариантом, но с внесением карбамида стандартного (вар. 4).

Таблица 1

Урожайность семян рапса озимого в полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области), 2013–2016 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка к вар. 1, ц/га	Прибавка к вар. 2, ц/га
	2013–2014 гг.	2015–2016 гг.	среднее		
1. Контроль без удобрений	29,4	13,6	21,5	–	–
2. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) – базовый вариант	39,8	29,1	34,5	13,0	–
3. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) + V ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (соли)	40,8	29,9	35,4	13,9	0,8
4. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) + V ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (хелаты)	41,1	30,6	35,9	14,4	1,4
5. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид с регулятором роста растений Гидрогумат) + V ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (хелаты)	42,4	33,7	38,1	16,6	3,6
6. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil})	41,4	32,1	36,8	15,3	2,3
7. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil}) + V ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (соли)	41,6	33,5	37,6	16,1	3,1
8. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil}) + V ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (хелаты)	43,4	33,9	38,7	17,2	4,2
НСР ₀₅	2,2	2,1	2,2	–	–

Урожайность побочной продукции (солома) различалась по вариантам опыта и составила (2013–2014 гг.) на контрольном варианте 17,5 ц/га сухого вещества, в вариантах с удобрениями – от 30,7 до 49,5 ц/га, в 2015–2016 гг. – 20,4 и 46,2–53,8 ц/га.

В производственном опыте (2014–2015 гг.) при возделывании рапса озимого Техник применение карбамида UREA^{stabil} на фоне фосфорных и калийных удобрений (P₉₀K₁₅₀) оказалось высокоэффективным, обеспечившим увеличение урожайности семян на 4,0 ц/га (9,9 %) по сравнению с внесением карбамида стандартного (производства Республики Беларусь) (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность семян озимого рапса в производственном опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области, 2014–2015 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
1. N ₆₀₊₁₀₀₊₇₀ P ₉₀ K ₁₅₀ (карбамид)	40,4	–
2. N ₆₀₊₁₀₀₊₇₀ P ₉₀ K ₁₅₀ (карбамид UREA ^{stabil})	44,4	4,0
НСР ₀₅		3,4

Качество семян рапса озимого оценивалось по содержанию масла в семенах, массе 1000 семян и содержанию элементов питания (азот, фосфор, калий, кальций, магний) (табл. 3).

Полученные данные свидетельствуют, что по содержанию масла в семенах и массе 1000 семян существенных различий по вариантам полевых опытов не наблюдалось. Так, содержание масла в семенах в зависимости от варианта опыта находилось в пределах от 49,8 до 51,2 % (в 2013–2014 гг.) и 44,7–45,3 % (2015–2016 гг.), масса 1000 семян – 4,49–4,90 г и 5,42–5,62 г соответственно. Следует отметить лишь некоторую тенденцию увеличения массы 1000 семян от применения некорневых подкормок микроэлементами в форме хелатов.

Таблица 3

Показатели качества семян озимого рапса в полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области, среднее за 2 года исследований)

Варианты	Содержание масла в семенах, %	Масса 1000 семян, г	Содержание, %				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1. Контроль без удобрений	48,0	5,02	4,08	2,22	0,96	0,43	0,55
2. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) – базовый вариант	47,9	5,04	4,32	2,23	1,01	0,45	0,56
3. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) + B ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (соли)	47,8	5,02	4,28	2,09	0,99	0,43	0,52
4. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) + B ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (хелаты)	48,2	5,11	4,22	2,08	0,92	0,45	0,51
5. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид с регулятором роста растений Гидрогумат) + B ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (хелаты)	47,9	5,17	4,40	2,10	0,98	0,45	0,53
6. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil})	47,7	5,06	4,27	2,15	1,03	0,47	0,54
7. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil}) + B ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (соли)	47,3	5,01	4,39	2,09	0,99	0,43	0,52
8. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil}) + B ₂₀₀₊₂₀₀ Mn ₅₀₊₅₀ (хелаты)	47,8	5,13	4,46	2,25	1,07	0,53	0,58
HCP ₀₅	2,69	0,31	0,28	0,14	0,07	0,03	0,03

Содержание азота в семенах рапса озимого в 2013–2014 гг. изменялось по вариантам опыта в пределах 3,22–3,50 %, фосфора – 2,32–2,39, калия – 0,88–0,96, кальция – 0,36–0,46 и магния – 0,47–0,50 %. В 2015–2016 гг. содержание общего азота было высоким по сравнению с предыдущими годами исследований и составляло 4,93–5,49 %. Содержание остальных элементов питания изменялось в пределах: фосфора – от 1,82 до 2,13 %, калия – от 0,94 до 1,17, кальция – 0,48–0,59, магния – 0,55–0,65 %. В среднем за два года исследова-

ний эти показатели были следующие: на контроле азота – 4,08 %, фосфора – 2,22, калия – 0,96, кальция – 0,43 и магния – 0,55 %, в вариантах с удобрениями – 4,22–4,46 % (N), 2,08–2,25 (P₂O₅), 0,92–1,07 (K₂O), 0,43–0,53 (CaO) и 0,51–0,58 (MgO) (табл. 3).

Аналогичная тенденция наблюдалась и в производственном опыте, где по вариантам опыта не было отмечено достоверных различий в массе 1000 семян и в содержании масла в семенах рапса озимого. При этом данные показатели составляли: масса 1000 семян – 5,40–5,45 г, содержание масла – 53,2–53,4 %. Содержание элементов питания в семенах рапса также существенно не различалось по вариантам опыта, и находилось в пределах: азота – 3,22 %, фосфора – 2,35–2,36, калия – 0,89–0,93 % (табл. 4).

Таблица 4

Показатели качества семян озимого рапса Текник в производственном опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области, 2014–2015 гг.)

Вариант	Содержание масла в семенах, %	Масса 1000 семян, г	Содержание, %		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. N ₆₀₊₁₀₀₊₇₀ P ₉₀ K ₁₅₀ (карбамид)	53,2	5,40	3,22	2,36	0,89
2. N ₆₀₊₁₀₀₊₇₀ P ₉₀ K ₁₅₀ (карбамид UREA ^{stabil})	53,4	5,45	3,22	2,35	0,93
НСР ₀₅	2,6	0,27	0,21	0,14	0,05

Потребность в элементах питания достаточно полно характеризуется показателями выноса элементов 1 т основной (семена рапса) с учетом побочной продукции (солома).

При возделывании рапса озимого общий вынос зависел от урожайности основной и побочной продукции и от содержания элементов питания в ней (табл. 5).

Применение удобрений в опыте способствовало увеличению общего выноса всех элементов питания, который изменялся в пределах (среднее за 2013–2014 и 2015–2016 гг.): азота – 181,4–215,7 кг/га, фосфора – 82,9–98,9, калия – 109,6–132,1, кальция – 66,7–81,4 и магния – 26,1–31,3 кг/га. Наименьшие значения выноса отмечались в контрольном варианте, соответственно – 95,3, 51,0, 56,6, 32,9 и 14,3 кг/га (табл. 5).

Удельный вынос основных элементов питания в варианте без использования удобрений составил: азота – 49,4 кг/т, фосфора – 23,7, калия – 30,0, кальция – 18,4 и магния – 7,5 кг/т, в вариантах с удобрениями его значения изменялись в пределах: азота – 52,4–57,9 кг/т, фосфора – 22,5–25,6, калия – 31,4–37,1, кальция – 19,5–22,7 и магния – 7,6–8,5 кг/т (табл. 5).

Для сравнения [12] удельный вынос основных элементов питания с 1 т рапса озимого с основной и побочной продукцией составляет: азота – 58,0 кг/т, фосфора – 29,0, калия – 26,0, кальция – 5,2 и магния – 1,9 кг/т. Более высокий удельный вынос калия, кальция и магния в полевых опытах, по-видимому, связан с повышенным, высоким и очень высоким их содержанием в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Таблица 5
Хозяйственный и удельный вынос элементов питания, при возделывании озимого рапса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области), 2013–2016 гг.

Вариант	Хозяйственный вынос (Вх), кг/га						Удельный вынос (Вн), кг					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
1. Контроль без удобрений	95,3	51,0	56,6	32,9	14,3	49,4	23,7	30,0	18,4	7,5		
2. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) – базовый вариант	186,4	86,3	120,5	72,4	27,9	57,0	25,2	37,1	22,7	8,5		
3. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) + В ₂₀₀₊₂₀₀ Мп ₅₀₊₅₀ (соли)	181,4	83,9	109,6	69,3	26,1	52,4	23,3	31,4	20,4	7,6		
4. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид) + В ₂₀₀₊₂₀₀ Мп ₅₀₊₅₀ (хелаты)	187,2	84,5	118,1	73,3	28,2	53,6	23,3	33,4	21,3	8,0		
5. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид с регулятором роста растений Гидрогумат) + В ₂₀₀₊₂₀₀ Мп ₅₀₊₅₀ (хелаты)	195,4	85,4	118,4	70,9	29,1	53,1	22,5	32,0	19,5	7,9		
6. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil})	183,9	82,9	110,8	66,7	27,5	54,5	23,4	32,7	20,2	8,3		
7. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil}) + В ₂₀₀₊₂₀₀ Мп ₅₀₊₅₀ (соли)	214,3	97,2	131,0	78,7	31,3	57,9	25,6	34,8	21,4	8,4		
8. N ₃₀₊₁₀₀₊₆₀ P ₇₀ K ₁₃₃ (карбамид UREA ^{stabil}) + В ₂₀₀₊₂₀₀ Мп ₅₀₊₅₀ (хелаты)	215,7	98,9	132,1	81,4	31,0	57,3	25,6	34,5	21,7	8,2		

ВЫВОДЫ

Проведенные в Республике Беларусь полевые и производственные испытания агрохимической эффективности разных форм азотных удобрений в технологии возделывания рапса озимого в центральной части Республики Беларусь (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области) позволяют сделать следующие выводы:

1. Внесение медленнодействующего азотного удобрения (карбамида UREA^{stabil}) на фоне фосфорно-калийных удобрений в полевых и производственном опытах с рапсом озимым на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах обеспечивало повышение урожайности семян рапса на 2,3–4,0 ц/га по сравнению с карбамидом стандартным.

2. Установлено положительное совместное влияние применения в технологии возделывания рапса озимого карбамида с регулятором роста растений Гидрогумат в основное внесение и в подкормки (N₃₀₊₁₀₀₊₆₀) на фоне P₇₀K₁₃₃ с двумя некорневыми подкормками микроэлементами в форме хелатов, обеспечившими повышение урожайности семян рапса озимого на 2,2 ц/га, соответственно карбамида UREA^{stabil} – на 2,8 ц/га по сравнению с аналогичным вариантом, но с внесением карбамида стандартного.

3. Не установлено достоверного увеличения урожайности семян рапса озимого от применения некорневых подкормок микроэлементами в хелатной форме по сравнению с химическими солями как на фоне карбамида стандартного, так и карбамида UREA^{stabil}.

4. Использование в технологии возделывания рапса озимого медленнодействующих форм азотных удобрений не оказало существенного влияния на показатели качества семян (содержание масла в семенах и массу 1000 семян).

5. Удельный вынос основных элементов питания в вариантах с удобрениями при возделывании озимого рапса изменялся в пределах: азота – 52,4–57,9 кг/т, фосфора – 22,5–25,6, калия – 31,4–37,1, кальция – 19,5–22,7 и магний – 7,6–8,5 кг/т, который по азоту и фосфору был близок к ранее установленным значениям, а по калию, кальцию и магнию – значительно выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рапс / Д. Шпаар [и др.]; под общей ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУА-информ, 1999. – 208 с.
2. Савенков, В.П. Применение удобрений при интенсивной технологии возделывания рапса / В.П. Савенков // Технические культуры. – 1990. – № 6. – С. 9–10.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. – Минск, 2016. – 299 с.
4. Урожайность основных сельскохозяйственных культур // Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/osnovnye-pokazатели-za-period-s-po-gody_6/urozhainost-osnovnyh-selskohozyaistvennyh-kultur. – Дата доступа: 09.02.2017.

5. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур // Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/osnovnye-pokazateli-za-period-s-po-gody_6/posevnyeploschadi-osnovnyh-selskohozyaistvennyy-2/. – Дата доступа: 09.02.2017.

6. Юргель, С.И. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество семян ярового и озимого рапса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / С.И. Юргель; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 22 с.

7. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: Сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 469 с.

8. Пироговская, Г.В. Медленнодействующие удобрения / Г.В. Пироговская. – Минск: Белорусский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, 2000. – 287 с.

9. Рекомендации по применению новых форм минеральных удобрений с добавками биологически активных веществ под основные сельскохозяйственные культуры / Г.В. Пироговская [и др.]. – Минск, 1999. – 28 с.

10. Методические указания по проведению регистрационных испытаний макро-, микроудобрений и регуляторов роста растений в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 35 с.

11. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

12. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Беларус. навука, 2007. – 390 с.

COMPARATIVE EFFICIENCY OF APPLICATION OF DIFFERENT FORMS OF NITROGEN FERTILIZERS AT CULTIVATION OF WINTER RAPE (BRASSICA NAPUS) ON SOD-PODZOLIC LIGHT-LOAMY SOILS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

H.V. Pirahouskaya, S.S. Khmialeuski, V.I. Soroka, O.I. Isaeva, T.V. Harbusava, M. Pilarzh, P. Balek

Summary

At the article the experimental data about agrochemical efficiency of different forms of nitrogen fertilizers – carbamide standard and slow-acting forms (carbamide with plant growth regulator Hydrohumate and UREA^{stabil}) at cultivation of winter rape (*Brassica napus*) on sod-podzolic light-loamy soils in the central part of the Republic of Belarus during the period from 2013 to 2016 are given. The effect of these fertilizers on the yield of basic and by-products, indicators of seed quality, economic and specific removal of nutrients in field and production experiments were shown.

Поступила 15.11.2017

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГРЕЧИХИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Т.М. Серая¹, Ю.А. Белявская¹, Е.Н. Богатырева¹, Т.М. Кирдун¹,
М.М. Торчило¹, В.С. Артиховская¹, И.И. Вага²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Институт защиты растений, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие сельскохозяйственного производства носит неоднозначный характер. С одной стороны, химизация производства способствует росту плодородия почв и урожайности и, соответственно, обеспечивает продовольственную безопасность страны, с другой, – ведет к неизбежному нарушению экосистемы, что, в свою очередь, отражается на всех сферах жизнедеятельности общества. Возникающие при этом проблемы актуализируют альтернативные формы земледелия, в частности, – органическое. Органическая технология возделывания сельскохозяйственных культур в современных условиях – это сложнейший комплекс агротехнических приемов, средств допустимых для почвоулучшения, удобрения, реализации генетического потенциала сортов, комплекс средств защиты растений, техника и обоснованные севообороты при высокой степени контроля [1–4].

В последние годы в мире экологическое земледелие получило существенное развитие: в Европе под органическим земледелием занято 5,1 млн га, Северной Америке – 1,5, Австралии – 10,6 млн га [5]. В Республике Беларусь развитие данного сектора сталкивается с экономическими, правовыми и социальными барьерами и на данном этапе находится на стадии становления [1, 6, 7].

На органические технологии следует переходить при возделывании культур, непосредственно используемых для питания населения и, в первую очередь, для приготовления детского питания. Гречиха представляет интерес для возделывания в органическом земледелии как одна из основных крупяных культур, используемых в детском питании. Зерно гречихи содержит в среднем 8–9 % белка, 1,6 % жира, 70 % крахмала, более 2 % минеральных солей, органические кислоты (лимонную, яблочную, щавелевую). В гречневой крупе содержатся полезные соединения железа, кальция, фосфора, меди, органических кислот, витаминов (В1, В2, РР, Р) [8].

Цель исследований – дать сравнительную оценку влияния разных систем земледелия на урожайность и качество зерна гречихи и экономические показатели.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевой технологический опыт проводили на опытном поле РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой оглеенной внизу суглинистой, развивающейся на мощном легком лессовидном суглинке, почве. Пахотный слой исследуемой почвы перед заклад-

кой опыта имел следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,7–6,0, содержание гумуса – 2,52–2,99 %, подвижных форм P_2O_5 – 733–818 мг/кг и K_2O – 375–404 мг/кг почвы, обменных соединений CaO – 1796–1878 мг/кг и MgO – 225–269 мг/кг почвы.

Исследования проводили в севообороте: овес + люпин пожнивно на сидерацию (2013–2014 гг.) – картофель + озимая рожь на сидерацию (2014–2015 гг.) – гречиха (2015–2016 гг.) – кабачок (2016–2017 гг.). Повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Размер делянки – 29,4 м². Опыт заложен в двух последовательно открывающихся полях. В каждом поле изучали три системы возделывания гречихи. Традиционная система земледелия предусматривала применение минеральных удобрений и средств защиты растений согласно технологическому регламенту. Органическая система земледелия исключала применение минеральных удобрений и пестицидов, предусматривала применение агротехнических и биологических средств защиты растений, заашку соломы и сидератов, а также внесение удобрений, приготовленных из натуральных продуктов. Биологизированная система земледелия (используются отдельные методы органического земледелия) включала варианты аналогичные органической системе при химической защите растений.

В традиционной системе земледелия вносили карбамид и хлористый калий ($N_{40}K_{40}$) весной под культивацию. В биологизированной и органической системах земледелия все твердые органические удобрения (подстилочный навоз КРС, вермикомпост, полиФунКур (ферментированный куриный помет)) внесены под предшественник – картофель, биопрепараты внесены по фону заашки зеленой массы озимой ржи на сидерацию. Биологически активное удобрение полиФунКур (2 % раствор), микробиологическое удобрение Байкал ЭМ1 (по 3 л/га), биоорганический препарат на основе птичьего помета Полистин (по 1,5 л/га), регулятор роста Гидрогумат (по 1 л/га) внесены в три приема: обработка почвы перед посевом, некорневые обработки в фазу первой пары настоящих листьев и в фазу ветвления – начало бутонизации. Смесью регуляторов роста (Экосил, 50 мл/га + Эмистим С, 5 мл/га + Гидрогумат, 500 мл/га) обработаны посевы в фазу ветвления – начало бутонизации. Микробиологическое удобрение Жыцень в дозе 3 л/га внесено перед посевом.

Согласно схеме опыта смесью регуляторов роста (Экосил, 50 мл/т + Эмистим С, 5 мл/т + Гидрогумат, 100 мл/т) и биоорганическим препаратом на основе птичьего помета Прорастин (0,33 л/т) обработаны семена перед посевом.

В результате изучения и анализа характеристик сортов гречихи для возделывания в системе органического земледелия выбран сорт Влада, отличающийся высокой конкурентоспособностью в отношении сорных растений и более дружным созревaniem зерна. Сорт относится к ценным по качеству, устойчив к полеганию и среднеустойчив к осыпанию семян. Посев гречихи проводили во второй декаде с нормой высева – 2,5 млн шт. всхожих семян/га (80 кг/га).

В традиционной и биологизированной системах земледелия проведена довсходовая обработка посевов гречихи от сорняков гербицидом Гезагард, КЭ из расчета 1,5 л/га.

Учет урожайности зерна гречихи проводили сплошным методом – поделяночно.

В почвенных образцах агрохимические показатели определяли по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91);

обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), обменные соединения кальция и магния – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС–30 в 1 М КСl (ГОСТ 26487–85). Содержание сырого протеина в зерне гречихи определяли расчетным путем с помощью коэффициентов перевода общего азота в сырой протеин (ГОСТ 13496.4–93), аминокислотный состав белка – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе «Agilent 1200».

Статистическую обработку результатов проводили согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [9] с использованием MS Excel 2010.

Погодные условия вегетационных периодов 2015 и 2016 г. существенно отличались, особенно по выпадению осадков. За вегетационный период возделываемой культуры (с I декады мая по II декаду сентября) в 2015 г. выпало 188 мм осадков, в 2016 г. – 297 мм, при близкой сумме активных температур за этот период: в 2015 г. – 2456 °С, в 2016 г. – 2519 °С. В результате ГТК вегетационного периода в 2015 г. составил 0,8, в 2016 г. – 1,2. Таким образом, 2015 г. был сухим и растения в период вегетации испытывали дефицит влаги. В 2016 г., не смотря на благоприятные показатели в целом за вегетационный период, распределение осадков по декадам было крайне неравномерным (во 2-й декаде июля выпало 78 мм осадков при ураганном ветре, ГТК 4,2).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В погодных условиях вегетационного периода 2015 г., при выполнении основных элементов традиционной технологии возделывания гречихи, за счет плодородия высококультурной дерново-подзолистой суглинистой почвы получено 29,4 ц/га зерна (табл. 1). Последствие навоза КРС, внесенного в дозе 60 т/га под предшественник (картофель), обеспечило дополнительный сбор 6,8 ц/га зерна. Внесение минеральных удобрений на фоне последствия навоза было неэффективным.

Запашка зеленой массы озимой ржи способствовала повышению урожайности зерна гречихи на 7,0 ц/га и по агрономической эффективности была аналогична последствию 60 т/га подстилочного навоза. В условиях 2015 г. последствие органических удобрений на фоне запашки сидерата не оказало существенного влияния на урожайность гречихи в блоке с биологизированной системой земледелия. По сравнению с фоном отмечено достоверное снижение урожайности в варианте с обработкой семян смесью регуляторов роста растений (2,9 ц/га).

В блоке с органической системой земледелия в варианте с запашкой сидерата недобор урожая зерна гречихи в 2015 г. за счет отказа от средств защиты растений составил 5,7 ц/га. Минимальная урожайность в блоке получена в варианте с внесением микробиологического удобрения Байкал ЭМ1 – 16,4 ц/га, недобор урожая по сравнению с фоном составил 14,3 ц/га, по сравнению с аналогичным вариантом в блоке с биологизированной системой удобрения – 19,1 ц/га. Только в варианте с применением некорневой обработки удобрением Полистин на фоне последствия подстилочного навоза и запашки сидерата получена урожайность на уровне аналогичного варианта в блоке с биологизированной системой, где применялась химическая защита посевов от сорняков.

В 2016 г., при сохранении основных закономерностей влияния удобрений на урожайность гречихи, из-за полегаетости растений после урагана урожайность по опыту была в 1,4 раза ниже, чем в 2015 г. (табл. 1).

Таблица 1

Влияние разных систем земледелия и удобрений на урожайность гречихи, 2015–2016 гг.

Вариант	Урожайность			Прибавка к фону	Недобор урожая**
	2015 г.	2016 г.	среднее		
	ц/га				
<i>Традиционная система земледелия</i>					
Без удобрений	29,4	16,1	22,8	–	
ПН КРС, 60 т/га*	36,2	25,3	30,8	8,0	
ПН КРС, 60 т/га* + N ₄₀ K ₄₀	34,9	25,0	30,0	7,2	
<i>Биологизированная система земледелия</i>					
Сидерат (озимая рожь) – Фон	36,4	19,0	27,7	–	
Фон + ПН КРС, 40 т/га*	38,0	21,6	29,8	2,1	
Фон + ПолиФункур, 2 т/га*	34,2	23,8	29,0	1,3	
Фон + Вермикомпост, 10 т/га*	33,3	21,9	27,6	–0,1	
Фон + Байкал ЭМ1, 9 л/га	35,5	20,4	28,0	0,2	
Фон + Навоз, 40 т/га* + Полистин, 4,5 л/га	34,3	21,7	28,0	0,3	
Фон + Смесь рег. роста (обр. семян)	33,5	21,7	27,6	–0,1	
Фон + Смесь рег. (обр. семян + н/о)	34,3	21,4	27,8	0,1	
<i>Органическая система земледелия</i>					
Сидерат (озимая рожь) – Фон	30,7	18,4	24,6	–	–3,1
Фон + ПН КРС, 40 т/га*	29,5	24,9	27,2	2,6	–2,6
Фон + ПолиФункур, 2 т/га*	20,0	21,3	20,6	–3,9	–8,4
Фон + Вермикомпост, 10 т/га*	22,5	21,8	22,2	–2,4	–5,4
Фон + Байкал ЭМ1, 9 л/га	16,4	18,3	17,3	–7,2	–10,6
Фон+ПН КРС,40 т/га*+Полистин, 4,5 л/га	33,4	22,7	28,1	3,5	0,1
Фон + Смесь рег. роста (обр. семян)	20,5	18,4	19,5	–5,1	–8,1
Фон + Смесь рег. (обр. семян + н/о)	24,3	19,2	21,7	–2,8	–6,1
Фон + Жыцень, 3 л/га	26,5	19,8	23,1	–1,4	
Фон + Гидрогумат, 3 л/га	19,0	18,5	18,8	–5,8	
Фон + ПолиФункур, 2 % раствор	20,5	18,3	19,4	–5,2	
Фон + Прорастин, 0,33 л/т	20,0	16,1	18,1	–6,5	
Фон + Прорастин, 0,33 л/т + Полистин, 4,5 л/га	20,2	18,7	19,4	–5,1	
НСП ₀₅	2,3	1,9	2,1		

* Последствие органических удобрений.

** Недобор урожая относительно аналогичных вариантов с химической защитой посевов (биологизированная система).

Средняя урожайность зерна гречихи за годы исследований в варианте без удобрений составила 22,8 ц/га. Последствие навоза КРС обеспечило дополнительный сбор 8,0 ц/га зерна. Внесение минеральных удобрений на фоне действия навоза было неэффективным.

Запашка зеленой массы озимой ржи способствовала повышению урожайности зерна гречихи на 4,9 ц/га по сравнению с контролем. В блоке с органической системой в варианте с запашкой сидерата недобор урожая зерна гречихи за счет отказа от средств защиты растений составил 3,1 ц/га. Минимальная урожайность в блоке получена в варианте с внесением микробиологического удобрения Байкал ЭМ1 – 17,3 ц/га, недобор урожая по сравнению с фоном составил 7,2 ц/га, по сравнению с аналогичным вариантом в блоке с биологизированной системой удобрения – 10,6 ц/га. Прибавку урожая к фону обеспечило только последствие подстилочного навоза КРС в дозе 40 т/га – 2,6 ц/га.

В среднем по удобренным вариантам урожайность гречихи в блоке с традиционной системой земледелия составила 30,4 ц/га, с биологизированной – 28,3 ц/га и с органической – 21,3 ц/га (рис. 1).

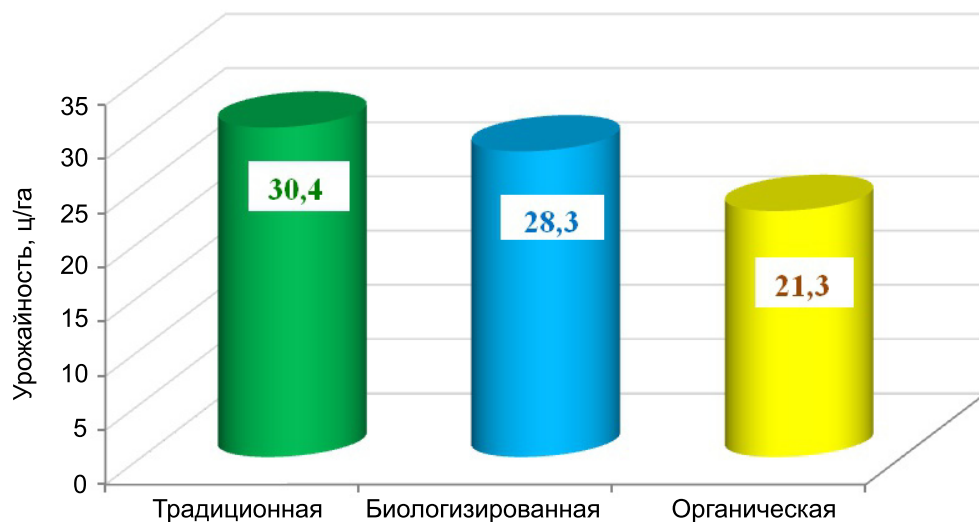


Рис. 1. Средняя урожайность по удобренным вариантам в разных системах возделывания гречихи (среднее за 2015–2016 гг.)

Таким образом, третья культура севооборота при возделывании в органической системе земледелия снизила урожайность в среднем на 30 % по сравнению с традиционной и на 25 % по сравнению с биологизированной. За годы исследований установлено, что в органической системе земледелия только внесение подстилочного навоза по фону сидерата существенно повышало урожайность возделываемых культур: урожайность гречихи в данном варианте была ниже только на 9 % по сравнению с вариантом ПН КРС, 60 т/га + $N_{40}K_{40}$.

В условиях полевого опыта снижение урожайности культур в системе органического земледелия в сравнении с традиционной технологией возделывания (ПН КРС, 60 т/га* + $N_{40}K_{40}$) наблюдалось по всем вариантам применения органических удобрений и биопрепаратов. Результаты расчета потерь от снижения урожайности гречихи в системе органического земледелия в стоимостном эквиваленте приведены в табл. 2.

**Расчет потерь денежной выручки от снижения урожайности гречихи
в системе органического земледелия с учетом затрат при применении
различных систем удобрения и защиты растений, среднее за 2015–2016 гг., USD/га**

Вариант	Денежная выручка	Изменение (Δ) денежной выручки	Затраты на удобрения и средства защиты растений		Потери денежной выручки с учетом затрат на удобрения и средства защиты
			всего	Δ к традиционной	
ПН КРС, 60 т/га + N ₄₀ K ₄₀	687,0	–	89,4	–	–
<i>Органическая система земледелия*</i>					
Сидерат (озимая рожь) – Фон	563,3	–123,7	72,0	–17,4	–106,3
Фон + ПН КРС, 40 т/га	622,9	–64,1	108,0	+18,6	–82,7
Фон + ПолиФунКур, 2 т/га	471,7	–215,3	252,0	+162,6	–377,9
Фон + Вермикомпост, 10 т/га	508,4	–178,6	372,0	+282,6	–461,2
Фон + Байкал ЭМ1, 9 л/га	396,2	–290,8	107,1	+17,7	–308,5
Фон + ПН КРС, 40 т/га + Полистин, 4,5 л/га	643,5	–43,5	121,5	+32,1	–75,6
Фон + Смесь рег. роста (обр. семян)	446,6	–240,4	72,5	–16,9	–223,5
Фон + Смесь рег. роста (обр. семян + н/о)	496,9	–190,1	73,0	–16,4	–173,7
Фон + Жыцень, 3 л/га	529,0	–158,0	81,0	–8,4	–149,6
Фон + Гидрогумат, 3 л/га	430,5	–256,5	75,3	–14,1	–242,4
Фон + ПолиФунКур, 2 % раствор	444,3	–242,7	75,6	–13,8	–228,9
Фон + Прорастин, 0,33 л/т	414,5	–272,5	72,4	–17,1	–255,4
Фон + Прорастин, 0,33 л/т + Полистин, 4,5 л/га	444,3	–242,7	85,9	–3,6	–239,1

Расчет изменения денежной выручки сделан в USD/га на основе максимальной цены на гречиху 2-го класса, закупаемую для государственных нужд (229 USD/т), и дополнительных разноуровневых затрат, связанных с применением микробиологических и органических удобрений, сидератов, биопрепаратов и средств защиты растений (в ценах на 2016 г.). Затраты на органические удобрения, внесенные под предшественник, составили 30 % от полной стоимости.

В органической системе земледелия наименьшие потери денежной выручки (82,7 USD/га) в сравнении с традиционной технологией возделывания гречихи наблюдались при внесении по фону сидерата подстилочного навоза КРС в дозе 40 т/га. Наибольшие потери денежной выручки в сравнении с традиционной технологией возделывания были отмечены при применении биоорганических удобрений Вермикомпост (461,2 USD/га), ПолиФунКур (377,9 USD/га) и микробного удобрения Байкал ЭМ1 (308,5 USD/га).

Для оценки качества продукции применяют различные показатели, среди которых содержание сырого белка и переваримого протеина. При недостатке протеина неэффективно используются другие питательные вещества, содержащиеся в продукции, при избыточном содержании протеина, он также используется неэффективно. Максимальное в среднем за 2 года содержание белка в зерне гречихи

получено в вариантах при традиционной системе земледелия – 12,7 % (табл. 3). В данных вариантах отмечено наибольшее содержание переваримого протеина в 1 кг зерна – 90 г. Аналогичным содержание белка было в вариантах с последствием подстилочного навоза КРС в дозе 40 т/га и с применением биоорганических препаратов на основе птичьего помета (Прорастин, 0,33 л/т семян и Полистин, 2,5 л/га) – 12,5 и 12,6 %, при этом в 1 кг зерна содержалось 89 г переваримого протеина. Однако сбор сырого белка и переваримого протеина при применении биоорганических препаратов был значительно ниже, чем на фоне последствие подстилочного навоза КРС. В других вариантах органической системы земледелия содержание белка было ниже – 9,8–12,2 %, соответственно ниже было и содержание переваримого протеина (см. табл. 3).

Таблица 3

**Влияние удобрений на показатели качества зерна гречихи
(среднее за 2015–2016 гг.)**

Вариант	Сырой белок, % в сухом веществе	Сбор сырого белка, кг/га	Пп, г/кг зерна	Сбор переваримого протеина, кг/га
<i>Традиционная система земледелия</i>				
ПН КРС, 60 т/га	12,7	339	90	277
ПН КРС, 60 т/га + N ₄₀ K ₄₀	12,7	333	90	270
<i>Органическая система земледелия</i>				
Сидерат (озимая рожь) – Фон	10,6	230	75	185
Фон + ПН КРС, 40 т/га	12,5	320	89	242
Фон + ПолиФунКур, 2 т/га	10,8	192	76	157
Фон + Вермикомпост, 10 т/га	10,2	194	72	160
Фон + Байкал ЭМ1, 9 л/га	11,5	172	81	140
Фон + Смесь рег. роста (обр. семян)	9,8	165	69	135
Фон + Смесь рег. (обр. семян + н/о)	10,2	192	72	156
Фон + Жыцень, 3 л/га	12,2	245	86	199
Фон + Гидрогумат, 3 л/га	10,9	176	77	145
Фон + ПолиФунКур, 2 % раствор	10,1	168	71	138
Фон + Прорастин, 0,33 л/т	10,8	168	76	138
Фон + Прорастин, 0,33 л/т + Полистин, 4,5 л/га	12,6	211	89	173

Питательная ценность зерна гречихи большей частью зависит не только от содержания белка, но и от аминокислотного состава. При возделывании гречихи на дерново-подзолистой суглинистой почве внесение минеральных удобрений и последствие 60 т/га подстилочного навоза КРС, способствовало увеличению в зерне незаменимых (32,97 г/кг) и критических (12,10 г/кг) аминокислот, чем в органической системе. Содержание незаменимых аминокислот в органической системе в фоновом варианте составило 30,15 г/кг, а по вариантам опыта колебалась в пределах от 25,43–30,92 г/кг.

По оценке, проведенной РУП «Институт защиты растений» в 2016 г. установлено, что более влажная погода способствовала, при аналогичных закономерностях, более активному росту сорняков в посевах гречихи по сравнению с 2015 г.

(табл. 5). В 2016 г. наибольшая численность сорняков наблюдалась при возделывании культуры в органической системе земледелия – 77,4 шт./м², наименьшая – в биологизированной – 32,8 шт./м². Доминирующими являлись малолетние виды сорняков, общая численность которых колебалась от 24,3 до 72,8 шт./м² в зависимости от системы земледелия, при этом на долю яровых приходилось 47,7–85,8 %. Численность многолетних сорных растений была минимальной при традиционной (4,6 шт./м²), а максимальной – при органической (12,0 шт./м²) технологиях возделывания гречихи.

Таблица 4

Влияние систем земледелия и удобрений на содержание белка, незаменимых и критических аминокислот в зерне гречихи (на сухое вещество)

Вариант	Лизин	Треонин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот, г/кг	
								критические	незаменимые
<i>Традиционная система земледелия</i>									
ПН КРС, 60 т/га+ N ₄₀ K ₄₀	7,72	3,79	0,59	5,82	5,04	6,16	3,84	12,10	32,97
<i>Органическая система земледелия</i>									
Сидерат (оз. рожь) – Фон	7,28	3,10	0,66	5,03	4,50	5,94	3,65	11,04	30,15
Фон + Жычень, 3 л/га	5,79	2,61	0,49	4,31	3,70	5,10	3,45	8,88	25,43
Фон + Байкал ЭМ1, 9 л/га	6,01	2,33	0,53	4,81	4,11	5,32	3,44	8,88	26,56
Фон + Гидрогумат, 3 л/га	5,65	2,24	0,50	4,53	4,16	5,24	3,20	8,39	25,51
Фон + ПолиФунКур, 2 т/га	6,13	3,30	0,48	6,31	3,99	7,14	3,57	9,91	30,92
Фон + Вермикомпост, 10 т/га	5,93	2,48	0,40	4,67	4,30	5,34	3,30	8,81	26,41
Фон + ПН КРС, 40 т/га	6,39	2,80	0,58	5,04	4,49	5,73	3,58	9,78	28,60

Таблица 5

Засоренность посевов гречихи по биологическим группам, 2015–2016 гг.

Система земледелия	Группа сорных растений, шт./м ²								
	всего			малолетние			многолетние		
	2015 г.	2016 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	среднее	2015 г.	2016 г.	среднее
Традиционная	18,7	36,3	27,5	18,7	24,3	21,6	0	4,6	2,3
Биологизированная	19,3	32,8	26,1	17,9	26,8	22,4	1,4	6,0	3,7
Органическая	53,9	77,4	65,7	44,5	72,8	58,7	9,4	12,0	10,7

В среднем за 2 года в органической системе земледелия 51 % от общей численности сорняков приходилось на марь белую. В биологизированной системе преобладали просо куриное (36 %) и марь белая (21 %), традиционной – марь белая (24 %) и горец вьюнковый (22 %).

Анализ гречихи не выявил наличия остаточных количеств гербицида Гезагард, КС в зерне.

ВЫВОДЫ

1. На высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве в среднем за 2015–2016 гг. в варианте без удобрений урожайность гречихи составила 22,8 ц/га. Последствие навоза КРС в дозе 60 т/га обеспечило дополнительный сбор 8,0 ц/га зерна. Внесение минеральных удобрений на фоне последствие навоза было неэффективным.

2. При органической системе земледелия выращивание гречихи на фоне заправки зеленой массы озимой ржи обеспечило урожайность зерна на уровне 24,6 ц/га. Достоверная прибавка к фону (2,6 ц/га) получена только в варианте с последствием подстилочного навоза КРС в дозе 40 т/га при урожайности зерна 27,2 ц/га и наименьших потерях денежной выручки (82,7 USD/га) в сравнении с традиционной технологией возделывания. Недобор урожая за счет отказа от химических средств защиты гречихи по опытным вариантам составил 2,6–10,6 ц/га. При средней цене на гречиху 2-го класса, закупаемую для государственных нужд, – 229 USD/т потери денежной выручки в органической системе земледелия в сравнении с традиционной технологией в зависимости от применяемых удобрений и биопрепаратов составили 75,6–461,3 USD/га.

3. Максимальное содержание белка (12,7 %) в зерне гречихи отмечено при традиционной системе земледелия. При органической системе земледелия в зависимости от удобрения содержание белка в зерне было на уровне 9,8–12,6 %. Содержание всех незаменимых аминокислот в зерне гречихи имело тенденцию к снижению при органической системе земледелия по сравнению с органо-минеральной системой удобрения.

Остаточных количеств гербицида Гезагард, КС в зерне гречихи в блоках с обработкой данным пестицидом не обнаружено.

Засоренность посевов гречихи при органической системе возделывания в среднем за 2 года была в 2,4 раза выше, чем в блоках с химической защитой посевов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Поречина, Н.И.* Органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития / Н.И. Поречина // материалы междунар. науч.-практ. конф. – Минск: Донарит, 2012. – С. 104.

2. *Занилов, А.Х.* К органическому сельскому хозяйству через биологизацию / А.Х. Занилов, Ж.М. Яхтанигова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 1(9). – С. 47–52.

3. *Кочурко, В.И.* Основы органического земледелия: практическое пособие / В.И. Кочурко, Е.А. Абарова, В.Н. Зуев. – Минск: Донарит, 2013. – 176 с.

4. *Довбан, К.И.* Экологически ориентированное земледелие и перспективы его развития в Беларуси в контексте «зеленой» экономики: органическое сельское хозяйство Беларуси: перспективы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2012. – С. 23–28.

5. *Шпак, А.П.* Организационноэкономический механизм устойчивого развития органического земледелия в крестьянских (фермерских) хозяйствах Республики Беларусь (рекомендации) / А.П. Шпак, Ю.Н. Селюков, Л.С. Скоропанова. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК, 2015. – 43 с.

6. Довбан, К.И. Переход от традиционного к биоорганическому земледелию в Республике Беларусь (методические рекомендации) / К.И. Довбан. – Минск: Беларуская навука, 2016. – 89 с.

7. Скоропанова, Л.С. Органическое сельское хозяйство в мире и Беларуси / Л.С. Скоропанова // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 6. – С. 83–86.

8. Соловьев, А. Определение спелости зерна крупяных культур / А. Соловьев // Главный агроном. – 2008. – № 6. – С. 15–17.

9. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

EFFICIENCY OF BUCKWHEAT CULTIVATION IN VARIOUS FARMING SYSTEMS

T.M. Seraya, Y.A. Belyavskaya, T.N. Bogatyrova, T.M.Kirdun, M.M. Torchilo, V.S. Artihovskaya, I.I. Vaga

Summary

It was found out that in highly cultivated sod-podzolic loam soil buckwheat cultivation in organic system on the background of plowing of winter rye green mass provided its productivity at the level of 24,6 c/ha. The significant rise to the background variant (2,6 c/ha) was obtained only against the background of after-effect of cattle manure in dose of 40 t/ha, where productivity of grain was 27,2 c/ha and with the least losses of sale proceeds (82,7 USD/ha) in comparison with traditional technology of cultivation. Yield losses due to non-use of buckwheat protection chemical means in the experimental variants reached 2,6–10,6 c/ha.

Поступила 30.11.2017

УДК 626.81:581.5/478

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА КИСЛОТНО-ОСНОВНУЮ БУФЕРНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЛЕГКОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Ю.Л. Цапко, Мешреф Радван Бахаа, А.И. Огородняя, К.А. Десятник

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

ВВЕДЕНИЕ

На территории Украинского Полесья дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава занимают около 11 % от площади земель сельскохозяйственного назначения [1], при этом вся зона Полесья – около 19,5 % территории Украины, что составляет 12,8 млн га (данные учета земельного фонда). В

естественном (неокультуренном) виде эти почвы считаются малопродуктивными. Последнее обусловлено первоначальными условиями их образования, когда в условиях промывного водного режима под воздействием лесной растительности, сформировался резко дифференцированный профиль, с разделением на горизонты вымывания и вымывания коллоидов и окислов, кислая реакция почвенного раствора в верхних горизонтах, ненасыщенность поглощающего комплекса основаниями и, как следствие, невысокая буферность [6, 3]. В основе современных подходов их окультуривания лежит принцип экологической реорганизации корнеобитаемого слоя путем применения комплекса агротехнических и агрономических приемов, целью которых является стимулирование аккумулятивной составляющей почвообразовательного процесса, что в конечном результате, приводит к улучшению буферности почв.

Буферные свойства почв главным образом зависят от эффективного функционирования их буферных механизмов. Под дефиницией «буферных механизмов» подразумевают совокупность компонентов почвы (гранулометрический состав, органо-минеральная и биологическая составляющие, органическое вещество и т.д.), которые гармонично функционируют в почвообразовательном процессе и обеспечивают формирование буферных свойств почв. Одним из главных лимитирующих компонентов плодородия дерново-подзолистых почв является их гранулометрический состав, от которого в прямой зависимости находятся влагоемкость, фильтрация и инфильтрация, водоподъемная способность почв и многие другие показатели, обеспечивающие в итоге получение стабильных и высококачественных урожаев сельскохозяйственных культур. Дерново-подзолистые почвы часто функционально не устойчивы, что напрямую зависит от их буферных свойств и кислотно-основного состояния. Поэтому улучшение их буферных механизмов посредством использования структурного окультуривания, на нынешнем этапе развития сельскохозяйственного производства в Украине, приобретает особую актуальность.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводили в мелкоделяночных полевых опытах на опытном поле Института сельского хозяйства Полесья в пгт. Грозино, Коростеньский район Житомирская область на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (содержание физической глины – 10,50 %, $pH_{\text{водн}} - 5,2$) и на опытном поле Колковского высшего профессионального училища в пгт. Колки, Маневицкий район Волынская область на дерново-подзолистой связнопесчаной почве (содержание физической глины – 7,97 %, $pH_{\text{водн}} - 5,5$).

Цель исследований заключалась в изучении влияния структурного окультуривания дерново-подзолистой связнопесчаной и дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почв на изменение их буферных свойств (на примере кислотно-основной буферности).

Схемы мелкоделяночных опытов приведены в таблицах. Мелиоранты вносили вручную двумя способами – взброс по поверхности и локально в подпахотный слой на глубину 25–30 см. Повторность – четырехкратная.

Для исследования были выбраны следующие мелиоранты: глина, лёсс, торф. Физико-химическая характеристика глины: $pH_{\text{водн}} - 8,5$ ед., содержание карбона-

тов кальция (CaCO_3) и магния (MgCO_3) – 7,7 и 13,5 % соответственно. В лёссе $\text{pH}_{\text{водн}}$ – 8,6 ед., при этом содержание CaCO_3 составляло 24,0 %, а MgCO_3 – 1,1 %. Торф низинный слаборазложённый и среднегумифицированный: зольность – 11,3 %, $\text{pH}_{\text{водн}}$ – 4,8. Почвенные образцы были отобраны с глубины 0–20 см в соответствии с ДСТУ 4217:2004 [9]. В отобранных почвенных образцах определяли показатели кислотно-основной буферности в соответствии с ДСТУ 4456:2005 [10], гранулометрический состав – ДСТУ 4730:2007 [8].

Основными оценочными показателями кислотно-основных свойств почв [4, 5] являются: буферная емкость в щелочном интервале нагрузок (БЕщ); буферная емкость в кислотном интервале нагрузок (БЕК); коэффициент буферной асимметрии (КБА); общий оценочный показатель буферности (ООПБ). Также важным оценочным показателем кислотно-основной буферности является показатель активности ионов водорода ($\text{pH}_{\text{водн}}$), который фиксируется в отображающей точке (ОТ).

Получение показателей буферности осуществляется в автоматическом режиме с помощью электронного пособия, ранее разработанного в Национальном научном центре «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно, дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава имеют низкую буферную емкость, а значит и менее устойчивы к внешним нагрузкам, как природным, так и антропогенным. Поэтому четкое понимание механизмов регулирования буферной способности этих почв является залогом повышения их функциональной устойчивости и разработки эффективных ресурсосберегающих технологий окультуривания почв [2].

Следует отметить, что именно кислотно-основная буферность почв, в отличие от калийной или фосфатной, оказывает полифункциональное влияние на плодородие почв. С другой стороны, изменения кислотно-основного равновесия в почвах тесно связано с экологическими проблемами, такими как – парниковый эффект, озоновые дыры, различные виды смога (индустриальный, фотохимический), загрязнение токсикантами и т.д., что, безусловно, негативно отражается на урожаях сельскохозяйственных культур. Вместе с этим, проявление и количественный объем их негативного влияния во многом обусловлен устойчивостью почв к внешним воздействиям, последнее охарактеризовано показателями буферности почв. Оценивание изменений буферных свойств почв под влиянием структурного окультуривания на основании графических моделей и показателей буферности открывает новые возможности в сфере качественной диагностики их агроэкологического состояния [5, 7].

Поэтому в своих исследованиях мы уделяем особое внимание изучению влияния структурного окультуривания дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава на показатели кислотно-основной буферности (pH -буферности). Результаты исследований представлены в табл. 1, 2.

Исходные значения pH почвенного раствора, глубина залегания карбонатов, содержание гумуса, емкость катионного обмена, степень насыщенности основаниями почвенно-поглощающего комплекса, является обязательной составляющей традиционной методологии качества почв. Качественное применение перечисленных показателей в диагностике почвенного плодородия и их

экологического состояния возможно только при их совместном (интегральном) использовании. Буферные показатели прямо учитывают все выше названные диагностические критерии оценки агроэкологического состояния почв, а также значительно расширяют их за счет введения оценочных показателей буферных свойств почв.

Таблица 1

Изменение показателей кислотно-основной буферности дерново-подзолистой связнопесчаной почвы под влиянием структурных мелиорантов

Вариант	рН _{водн} в ОТ	Буферная емкость, балл		КБА	ООПБ, балл
		БЕщ	БЕк		
Контроль (без мелиорантов)	5,5	18,4	7,2	0,4	14,3
Глина 10 т/га (вразброс)	5,7	21,6	8,6	0,4	17,1
Глина 2 т/га (локально)	5,8	21,9	8,6	0,4	17,2
Глина 50 т/га (вразброс)	5,8	21,6	9,4	0,4	18,9
Глина 10 т/га (локально)	6,0	21,7	9,4	0,4	18,7
Торф 15 т/га (вразброс)	5,2	34,9	8,5	0,6	16,9
Торф 3 т/га (локально)	5,1	35,9	8,5	0,6	16,9
Лёсс 15 т/га (вразброс)	5,5	32,3	6,6	0,7	13,2
Лёсс 3 т/га (локально)	5,7	30,6	9,8	0,5	19,8
Глина 10 т/га + торф 15 т/га (вразброс)	5,6	22,0	8,9	0,4	17,8
Глина 2 т/га + торф 3 т/га (локально)	5,5	21,9	9,1	0,4	18,2
Лёсс 15 т/га + торф 15 т/га (вразброс)	5,7	22,0	8,8	0,4	17,6
Лёсс 3 т/га + торф 3 т/га (локально)	5,6	21,7	9,0	0,4	18,0

Таблица 2

Изменение показателей кислотно-основной буферности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы под влиянием структурных мелиорантов

Вариант	рН _{водн} в ОТ	Буферная емкость, балл		КБА	ООПБ, балл
		БЕщ	БЕк		
Контроль	5,9	22,0	10,7	0,3	21,5
Глина, 10 т/га (вразброс)	6,5	21,3	12,1	0,3	24,1
Глина 2 т/га (локально)	6,4	21,0	12,2	0,3	24,5
Глина 50 т/га (вразброс)	7,2	23,6	14,6	0,2	29,2
Глина 10 т/га (локально)	7,1	21,2	10,9	0,3	21,9
Торф 15 т/га (вразброс)	6,1	21,8	10,9	0,3	22,2
Торф 3 т/га (локально)	6,0	20,6	12,4	0,2	24,9
Глина 10 т/га + торф 15 т/га (вразброс)	6,7	36,5	13,0	0,5	26,1
Глина 2 т/га + торф 3 т/га (локально)	6,7	20,6	12,6	0,3	25,2

Проведенные исследования свидетельствуют о положительных изменениях рН-буферных свойств дерново-подзолистой связнопесчаной почвы под влиянием внесения структурных мелиорантов. Установлено, что внесение лёсса в норме 3 т/га локально в дерново-подзолистую связнопесчаную почву способствует не только повышению рН в локальных зонах (показатель рН в ОТ), но и повышению ее буферности в целом. Так, общий оценочный показатель буферности повы-

шается до 19,8 баллов, при этом его значение на контроле составляло только 14,3 балла. Внесение лёсса локально способствовало повышению буферной емкости в щелочном интервале (БЕщ), что очень важно на этих почвах, где остро стоит проблема вымывания оснований. Можно сделать вывод, что внесение лёсса локально способствует повышению устойчивости почв к кислотной деградации.

Положительный результат получен и при внесении глины. При этом установлено, что при внесении 10 т/га глины локально ООПБ повышается до 18,7, что почти тождественно внесению глины в норме 50 т/га вразброс. То есть, локальное внесение глины дает практически одинаковый результат в сравнении с ее внесением вразброс по поверхности почвы. Применение торфа существенно не повлияло на буферные показатели дерново-подзолистой связнопесчаной почвы.

Проведенные исследования свидетельствуют о положительных изменениях рН-буферных свойств дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы под влиянием внесения структурных мелиорантов (см. табл. 2). Также следует отметить, что внесение выбранных нами структурных мелиорантов (глина, торф) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве положительно повлияло на показатель кислотности ($\text{pH}_{\text{водн}}$), который, по сравнению с вариантом контроля, существенно повысился практически на всех вариантах опыта.

Установлено, что внесение глины в норме 50 т/га вразброс в дерново-подзолистую рыхлосупесчаную почву способствует не только максимальному повышению рН до 7,2 ед. (показатель рН в ОТ), но и повышению ее буферности в целом. Так, общий оценочный показатель буферности повышается до 29,2 баллов, при значении ООПБ 21,5 балла на контроле. В вариантах с внесением глины совместно с торфом как вразброс, так и локально, также отмечено значительное повышение буферной емкости почвы до 26,1 и 25,2 баллов соответственно.

Внесение глины (10 т/га) совместно с торфом (15 т/га) в разброс способствовало повышению буферной емкости в щелочном интервале до 36,5 баллов, что свидетельствует о повышении устойчивости почвы к вымыванию оснований. На основании полученных результатов исследований можно сделать вывод, что объединённое внесение глины с торфом, в выше упомянутых дозах, способствует повышению устойчивости почв к кислотной деградации.

Итак, можно сделать вывод, что внесение таких структурных мелиорантов, как глина, глина совместно с торфом, локально и вразброс, способствует не только повышению рН, но и улучшает кислотно-основные свойства дерново-подзолистых почв.

ВЫВОДЫ

1. На основании проведенных исследований установлено, что структурное окультуривание дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава следует рассматривать как эффективный способ улучшения их агроэкологического состояния, о чем свидетельствуют показания кислотно-основных буферных свойств почв.

2. Внесение лёсса в норме 3 т/га локально в дерново-подзолистую связнопесчаную почву способствует не только повышению рН в локальных зонах, что очень важно для почв с кислой реакцией среды, но и повышает кислотно-основную буферность.

3. Окультивування дерново-подзолистої ґрунту легкого гранулометричного складу з допомогою внесення глини, глини спільно з торфом як локально, так і вразброс, є дійсним фактором покращення їх агрологічного стану.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Визначник екологічного статусу та родючості ґрунтів України / М.І. Полупан [та інш.]. – К.: Колообіг, 2005. – 304 с.
2. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації): колективна монографія; за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, Р.С. Трускавецького. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. – 668 с.
3. *Тихоненко, Д.Г.* Про класифікацію ґрунтів / Д.Г. Тихоненко // Вісник ХДАУ ім. В.В. Докучаєва. – 2001. – Ч. 3. – С. 33–39.
4. *Трускавецький, Р.С.* Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / Р.С. Трускавецький. – Х.: Нове слово, 2003. – 225 с.
5. *Трускавецький, Р.С.* Оціночні показники кислотно-основної буферності ґрунтів / Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапко // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2003. – Вип. 64. – С. 12–16.
6. Хімічна меліорація ґрунтів; за ред. С.А. Балюка, Р.С. Трускавецького і Ю.Л. Цапко – Х.: Міськдрук, 2012. – 129 с.
7. *Цапко, Ю.Л.* Науковий моніторинг ґрунтів за графічними моделями буферності / Ю.Л. Цапко // Вісник ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. – 2004. – № 1. – С. 114–117.
8. Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського: ДСТУ 4730:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 18 с. – (Національний стандарт України).
9. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с. – (Національний стандарт України).
10. Якість ґрунту. Метод визначення кислотно-основної буферності ґрунту: ДСТУ 4456:2005. – [Чинний від 2006-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 16 с. – (Національний стандарт України).

INFLUENCE OF STRUCTURAL MELIORANTS ON THE ACID-ALKALI BUFFERING OF SOD-PODZOLIC SOILS OF THE LIGHT TEXTURE

Yu.L. Tsapko, Meshref Radvan Bahaa, A.I. Ohorodnia, K.A. Desyatnik

Summary

The results of research of the effect of structural melioration on the acid-alkali buffering of sod-podzolic soils of light texture (loamy sandy and cohesive soil) have been presented in the article. Clay, loess and peat have been chosen as structural meliorants for the research. The meliorants have been introduced in two ways: by sprawling and locally into the subsoil layer to the depth of 25–30 cm. It has been proved that structural cultivation of sod-podzolic soils with light texture should be considered as an effective way to improve their agroecological state, as evidenced by indications of acid-base buffer properties of soils.

It has been established that the introduction of loess at a rate of 3 t/ha locally into the sod-podzolic soil contributes not only to an increase in pH in local zones, which is very important for soils with acidic reaction of the medium, but also promotes the increase of acid-base buffering in general. The cultivation of sod-podzolic soils of light granulometric composition by applying clay, clay together with peat, both locally and spontaneously, is an effective factor in improving their agroecological status.

Поступила 24.08.2017

УДК 631.847.22:631.559

ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОЙ КОМПОЗИЦИИ И ЕЕ КОМПОНЕНТОВ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Н.А. Михайловская¹, Д.В. Войтка², Е.К. Юзефович², Т.Б. Барашенко¹,
Т.В. Погирницкая¹, С.В. Дюсова¹

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Институт защиты растений, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Микробные препараты служат дополнительным резервом повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур, позволяющим частично снижать химическую нагрузку на почву за счет эффективного использования биологических механизмов стимуляции роста, минерального питания и защиты растений. В настоящее время наиболее перспективными средствами экологизации растениеводства считаются многокомпонентные полифункциональные микробные препараты, сочетающие свойства стимуляторов роста, биоудобрений и биофунгицидов.

Институт почвоведения и агрохимии в сотрудничестве с Институтом защиты растений разрабатывает трехкомпонентную микробную композицию, включающую азотфиксирующие (*Azospirillum brasilense* 2(в)3), калиймобилизующие (*Bacillus circulans* K-81) бактерии и гриб-антагонист (*T. longibrachiatum* L-7).

Штамм *Azospirillum brasilense* 2(в)3 характеризуется высоким азотфиксирующим потенциалом (в чистой культуре на полужидкой среде D нитрогеназная активность штамма 133 мкг N₂/сосуд) и способностью к растворению ортофосфата кальция (в инокулированной *A. brasilense* бактериями жидкой питательной среде, не содержащей растворимого фосфора, активность фосфатмобилизации составила 308 мг/л P). Азоспириллы могут осуществлять все реакции цикла азота, за исключением нитрификации. Источниками азота для *Azospirillum* spp. могут служить атмосферный азот, аммоний, нитраты, нитриты, аминокислоты.

Штамм *Bacillus circulans* K-81 характеризуется способностью к мобилизации труднодоступных форм почвенного калия (в инокулированных *B. circulans* жидких питательных, средах, содержащих мусковит и гидромусковит, активность моби-

лизации калия составила 13,6 мг К/10г и 10,3 мг К/10г соответственно). Штамм характеризуется способностью к мобилизации фосфора из нерастворимых трехзамещенных ортофосфатов кальция (в инокулированной *B. circulans* жидкой питательной среде, не содержащей растворимого фосфора, активность фосфатмобилизации составила – 144 мг/л Р).

Штамм *Trichoderma longibrachiatum* L-7 обладает антагонистической активностью по отношению к фитопатогенным микроорганизмам: *Fusarium culmorum* – 66,5–75,0 %, *Fusarium poae* – 73,7–100 %, *Fusarium oxysporum* – 64,5–100 %, *Fusarium solani* – 64,9–71,0 %, *Alternaria alternata* – 68,4–100 %, *Sclerotinia sp.* – 59,8–100 %, *Bipolaris sorokiniana* – 71,7–86,2 %.

Благодаря наличию различных приспособительных механизмов у отобранных штаммов азотфиксирующих, калиймобилизующих бактерий и гриба-антагониста можно прогнозировать их разностороннее положительное влияние на инокулированные растения в разных экологических условиях.

Стимуляция ростовых процессов – один из основных факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур при использовании эффективных микробных препаратов [1, 2]. При инокуляции часто наблюдается изменение морфологии корней, увеличение числа латеральных корней и корневых волосков, увеличение массы и объема корней, числа и массы побегов [3, 4]. Такие явления обычно связывают с действием ростовых веществ, продуцируемых микроорганизмами [5–7]. Стимуляция развития корневой системы повышает способность инокулированных растений использовать элементы минерального питания и воду, приводя к повышению урожайности [2, 5, 6, 8].

Цель исследований – изучить влияние компонентов (*Azospirillum brasilense* 2(в)3, *Bacillus circulans* К-81 и *Trichoderma. longibrachiatum* L-7) и трехкомпонентной микробной композиции на ростовые процессы и урожайность сельскохозяйственных культур в лабораторных и полевых условиях.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лабораторный эксперимент 1 по изучению влияния азотфиксирующих и калиймобилизующих бактерий на развитие проростков яровой пшеницы. Суточные культуры исследуемых штаммов бактерий *A. brasilense* и *B. circulans*, выращенные на картофельном агаре при $t = 28^\circ\text{C}$, использовали для приготовления суспензии клеток путем разведения в стерильном физрастворе до конечного титра $1 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Предварительно откалиброванные по размеру и выполненности, поверхностно стерилизованные (10 % H_2O_2 , 30 мин.) семена яровой пшеницы выдерживали в течение 1 часа в суспензиях монокультур *A. brasilense*, *B. circulans* и *A. brasilense* + *B. circulans*. В контрольном варианте семена выдерживали в дистиллированной воде. В каждом варианте опыта использовали по 60 семян. После обработки семена (10 штук на каждое повторение) раскладывали в чашки Петри на увлажненную дистиллированной водой фильтровальную бумагу и помещали в термостат при $t = 28^\circ\text{C}$ на 5 суток с контролем увлажнения. По истечении 24 часов эксперимента оценивали всхожесть семян, а спустя 5 суток определяли биометрические показатели проростков пшеницы: среднюю длину проростка, суммарную длину корешков одного растения, число корешков.

Лабораторный эксперимент 2 по количественной оценке совместного влияния *A. brasilense* и *B. circulans* на развитие проростков яровой пшеницы (Метод «рулонов» ГОСТ 12044-93) [9]. Стимулирующее действие бактерий изучали на проростках яровой пшеницы Тома. Семена пшеницы (10 г) предварительно калибровали по размеру и выполненности. Поверхностная стерилизация семян проведена 10 % H_2O_2 в течение 30 минут с последующим многократным отмыванием стерильной водой. Стерильные семена обрабатывали суспензиями моноинкулянтов и бинарной бактериальной композицией по схеме: 1) контроль, без поверхностной стерилизации и без обработки; 2) поверхностная стерилизация семян без обработки; 3) инокуляция семян *A. brasilense*; 4) инокуляция семян *B. circulans*; 4) инокуляция семян *A. brasilense* + *B. circulans*. Обработанные семена в течение 1 часа выдерживали на качалке при 160 об./мин. и $t = 22^\circ C$.

На полосу полиэтиленовой пленки (10 x 55 см) накладывали равную по размеру полосу фильтровальной бумаги, увлажненную до полной влагоемкости. Соблюдая интервал 1–2 см, на фильтровальную бумагу раскладывали (в линию) обработанные семена пшеницы, которые затем закрывали такой же полосой фильтровальной бумаги и сворачивали в рулоны. Рулоны устанавливали вертикально в химические стаканы и выдерживали при $t = 22–25^\circ C$ в течение 7 суток. Действие моно- и бинарного инокулянтов на проростки пшеницы оценивали по всхожести семян и их биометрическим характеристикам – длине, количеству и сухой массе корней, длине и сухой массе проростков.

Лабораторный эксперимент 3 по оценке влияния концентрации культуральной жидкости *T. longibrachiatum* на рост и развитие тест-культуры салата листового. Семена тест-культуры – салата листового сорта Афицион – проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, пропитанной культуральной жидкостью (КЖ) *T. longibrachiatum* L-7 различной концентрации: 10 мл КЖ/100 мл воды (10 %); 10 мл КЖ/250 мл воды (4 %); 10 мл КЖ/500 мл воды (2 %); 10 мл КЖ/1000 мл воды (1 %); 10 мл КЖ/10000 мл воды (0,1 %). В ходе эксперимента определяли следующие показатели: энергию прорастания семян (на 2-е сутки), всхожесть семян, длину надземной части проростков, корневой системы – на 5-е сутки.

Полевые опыты. Испытания проведены в стационарном полевом опыте «Стоковые площадки», заложенном на наиболее подверженных водно-эрозионным процессам дерново-подзолистых почвах, сформированных на мощных лессовидных суглинках (СПК «Щемяслица», Минский р-н). Стационар заложен по геоморфологическому профилю (катене) от водораздельной равнины до подножья склона. Склоны северной и южной экспозиции, крутизна – 5° . На водоразделе расположена незеродированная почва, в верхней части склона – слабоэродированная, в средней части – среднеэродированная почва.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: pH_{KCl} 5,4–5,8, содержание подвижных форм фосфора – 265–284, калия – 184–207 мг/кг почвы, гумуса – 2,21–2,53 %.

В 2016 г. изучено влияние моноинкулянтов на основе азотфиксирующих (*A. brasilense*) и калиймобилизующих (*B. circulans*) бактерий, а также бинарной бактериальной композиции на урожайность озимой пшеницы Сукцес на эродированных дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках. Общий фон удобрений – $N_{100+30}P_{60}K_{100}$. Изготовлены моноинкулянты *A. brasilense*, *B. circulans*

и бинарный бактериальный инокулянт *A. brasilense* + *B. circulans* в соотношениях 1:1. Инокуляция проведена путем обработки посевов весной в фазе кущения. Фосфорно-калийные удобрения (аммофос и хлористый калий) внесены в основное внесение, азотные (мочевина) – в основное внесение и подкормку.

В 2017 г. возделывали яровой ячмень Стратус. Доза минеральных удобрений $N_{90+30}P_{50}K_{90}$. Фосфорно-калийные удобрения (аммофос и хлористый калий) внесены в основное внесение, азотные (мочевина) – в основное внесение и подкормку. Изготовлены моноинокулянты *A. brasilense*, *B. circulans* и *T. longibrachiatum*; бинарные инокулянты (*A. brasilense* + *B. circulans*; *A. brasilense* + *T. longibrachiatum*; *B. circulans* + *T. longibrachiatum*) и трехкомпонентная микробная композиция (*A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum*) в соотношениях 1:1 и 1:1:1. Перечисленные микробные препараты использованы для инокуляции посевов ярового ячменя в фазе всходы – начало кущения на водоразделе, слабо- и среднеэродированной почвах.

Для оценки стимулирующего действия разных приемов инокуляции в полевых условиях проведен отбор образцов растений ярового ячменя в фазе молочно-восковой спелости (04.07.2017). В полевом опыте проведена поделяночная уборка и учет урожайности ячменя.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Лабораторный эксперимент 1. В лабораторном эксперименте определяли всхожесть семян яровой пшеницы и биометрические показатели проростков: среднюю длину проростка, суммарную длину корешков одного растения и число корешков. Установлено, что инокуляция бактериальными культурами стимулировала всхожесть семян яровой пшеницы: при использовании *A. brasilense* всхожесть составила 98,3 %, *B. circulans* – 95 %, при бинарной инокуляции – 98,3 %.

За счет инокуляции семян *A. brasilense* число корешков увеличилось на 9 %, суммарная длина корешков/растение – на 44 %, средняя длина проростков – на 21 %; за счет *B. circulans* число корешков также увеличивалось на 9 %, суммарная длина корешков одного растения – на 36 % и средняя длина проростков – на 20 %. Совместное действие азотфиксирующих и калиймобилизующих бактерий *A. brasilense* + *B. circulans* стимулировало число корешков на 10%, их суммарную длину – на 39 % и длину проростка – на 20 % (табл. 1).

Таблица 1

Всхожесть семян и биометрические показатели развития 5-суточных проростков яровой пшеницы при разных способах обработки семян (лабораторный эксперимент 1, 2017 г.)

Вариант	Всхожесть семян, %	Число корешков		Суммарная длина корешков 1 растения		Средняя длина проростка	
		шт.	%	мм	%	мм	%
Контроль	91,7	4,41	100	178,3	100	47,1	100
Поверхностная стерилизация	95,0	4,55	103	197,0	110	51,3	109
<i>A. brasilense</i>	98,3	4,80	109	257,5	144	57,2	121
<i>B. circulans</i>	95,0	4,80	109	242,1	136	56,4	120
<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	98,3	4,85	110	247,6	139	56,6	120
HCP ₀₅	6,31	0,11		29,20		6,14	

Лабораторный эксперимент 2. Гормональный эффект бактериальных культур *A. brasilense* и *B. circulans* на проростки пшеницы изучен с применением метода рулонов [9]. Оценивали следующие биометрические показатели: длину, количество и сухую массу корней, а также длину и сухую массу проростков. При совместном действии азотфиксирующих и калиймобилизующих бактерий *A. brasilense* + *B. circulans* отмечен наиболее значимый гормональный эффект: стимуляция длины проростка составила 21 %, суммарной длины корешков одного растения – 25 %, числа корешков – 10 %, сухой массы корней – 28 %, сухой массы надземной части – 33 % (табл. 2).

За счет инокуляции семян *A. brasilense* средняя длина проростков пшеницы увеличилась на 18 %, суммарная длина корешков/растение – на 23 %, число корешков – на 9%, сухая масса корней – на 24 %, сухая масса надземной части – на 33 %, при инокуляции семян *B. circulans* – на 16 %, 24 %, 9 %, 16 % и 22 % соответственно.

Таблица 2

Биометрические показатели 7-суточных проростков пшеницы при разных способах обработки семян (лабораторный эксперимент 2, 2017 г.)

Вариант	Число корешков		Суммарная длина корешков 1 растения		Сухая масса корней		Средняя длина проростка		Сухая масса наземной части, г	
	шт.	%	мм	%	г	%	мм	%	г	%
Контроль	4,43	%	328,27	100	0,25	100	87,16	100	0,18	100
Поверх. стерилизация	4,61	100	347,17	105	0,27	108	92,56	106	0,20	111
<i>A. brasilense</i>	4,83	104	402,22	123	0,31	124	102,93	118	0,24	133
<i>B. circulans</i>	4,82	109	406,17	124	0,29	116	101,14	116	0,22	122
<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	4,88	109	410,95	125	0,32	128	105,50	121	0,24	133
HCP ₀₅	0,16	110	21,48		0,05		3,07		0,04	



Рис. 1. Лабораторный эксперимент по изучению влияния азотфиксирующих и калиймобилизующих бактерий на развитие проростков яровой пшеницы (метод рулонов)

Лабораторный эксперимент 3. В ходе эксперимента фиксировали энергию прорастания (на 2-е сутки), всхожесть, длину надземной части проростков, корневой системы – на 5-е сутки. В вариантах с 2,0 и 1,0 % КЖ отмечено повышение энергии прорастания на 11,3 и 11%, всхожести – на 8,7% соответственно в сравнении с контролем (табл. 3). Это свидетельствует, что КЖ в концентрациях 2,0 и 1,0 % обладает ростостимулирующей активностью, которая проявлялась в увеличении длины проростков на 14,3 и 15,4 % и длины корешков на 26,9 и 31,5 % соответственно.

Высокая и средняя степень фитотоксичности отмечена в вариантах с концентрациями КЖ 10,0 и 4,0 %. Ингибирование энергии прорастания и всхожести было на уровне 60,0–61,3 % и 39,4 и 39,8 % соответственно. Угнетение роста выразилось в снижении длины корешка и проростка на 40,0 и 36,3 % в варианте с 10,0%-й концентрацией, на 35,4 и 19,4 % – в варианте с 4,0%-й концентрацией. По результатам исследований в качестве рабочей концентрации компонента микробной композиции гриба *T. longibrachiatum* L-7 целесообразна концентрация КЖ 1,0 %.

Таблица 3

Влияние концентрации культуральной жидкости гриба *T. longibrachiatum* L-7 на посевные качества и морфометрические показатели проростков салата листового сорта Афицион (РУП «Институт защиты растений», *in vitro*, 2017 г.)

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина корешка, мм	Длина проростка, мм
Контроль (вода)	86,7	89,3	13,0±1,08	27,3±2,30
10%-я КЖ	26,7	28,0	7,8±1,43	17,4±2,99
4,0%-я КЖ	47,3	49,5	8,4±0,71	22,0±1,94
2,0%-я КЖ	98,0	98,0	16,5±1,12	31,2±1,67
1,0%-я КЖ	97,7	98,0	17,1±1,34	31,5±1,83
0,1%-я КЖ	82,0	89,7	15,2±0,59	27,2±1,26

Примечание. КЖ – культуральная жидкость, содержащая $1,1 \cdot 10^9$ КОЕ/мл.

Лабораторные эксперименты показали преимущества в развитии инокулированных растений по сравнению с контрольными вариантами. Все протестированные штаммы-инокулянты стимулировали развитие корневой системы и надземной части растений.

Полевой опыт «Стоковые площадки». В 2016 г. на дерново-подзолистых почвах, сформированных на лессовидных суглинках, проведено сравнение эффективности бинарного бактериального инокулянта (*A. Brasilense* + *B. circulans*) с применением моноинокулянтов азотфиксирующих и калиймобилизующих бактерий на посевах озимой пшеницы Сукцес. Установлена более высокая эффективность бинарной инокуляции по сравнению с применением монокультур бактерий на всех элементах склона: на водоразделе, средне- и сильноэродированных почвах прибавки от моноинокулянтов *A. brasilense* и *B. circulans* составили – 3,9 и 2,5, 3,5 и 2,6, 3,5 и 3,6 ц/га соответственно, а от бинарного инокулянта *A. Brasilense* + *B. circulans* – 3,6, 4,1 и 4,6 ц/га (табл. 4). Отмечена тенденция повышения эффективности инокуляции на сильноэродированной почве в условиях стресса.

Таблица 4

Влияние инокуляции посевов на урожайность озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках в зависимости от степени эродированности (N₁₀₀₊₃₀P₆₀K₁₀₀, «Стоковые площадки», 2016 г.)

Вариант	Неэродированная		Среднеэродированная		Сильноэродированная	
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка
	ц/га					
Контроль	61,4	–	54,2	–	45,9	–
<i>A. brasilense</i>	65,3	3,9	57,7	3,5	49,4	3,5
<i>B. circulans</i>	63,9	2,5	56,8	2,6	49,5	3,6
<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	65,0	3,6	58,3	4,1	50,5	4,6
НСП ₀₅ А (инокуляция) 3,39; В (почва) 2,93						

В 2017 г. на посевах ярового ячменя изучено влияние моно-, бинарных и трехкомпонентного инокулянтов на ростовые процессы и урожайность ярового ячменя на эродированных дерново-подзолистых почвах на мощных лессовидных суглинках. В фазе молочно-восковой спелости определены следующие биометрические показатели растений ячменя: масса корней, высота стеблей, длина и число зерен в колосе, масса колосьев.

В условиях полевого эксперимента также установлена стимуляция роста ячменя под влиянием азотфиксирующих, калиймобилизующих бактерий и гриба-антагониста. В фазе молочно-восковой спелости отмечено увеличение линейных размеров стеблей растений на 8–3 % на водоразделе и на 14–32 % на среднеэродированной почве, длины колоса – на 15–22 % и 7–12 %, числа зерен в колосе – на 12–18 % и 5–15 %, увеличение массы корней на 7–31 и 7–29 % соответственно. По сравнению с контролем монокультуры бактерий *A. brasilense*, *B. circulans* и *T. longibrachiatum* способствовали увеличению массы корней и массы колосьев ячменя. Бинарная бактериальная композиция *A. brasilense* + *B. circulans* оказывала более значимый стимулирующий эффект по сравнению с монокультурами (табл. 5, рис. 2).

Таблица 5

Биометрические показатели растений ячменя (в расчете на 1 растение) в фазе молочно-восковой спелости («Стоковые площадки», 2017 г.)

Вариант	Масса корней, г		Суммарная высота стеблей, см		Средняя длина колоса, см		Среднее число зерен в колосе, шт.		Масса колосьев, г	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Контроль	0,29	0,28	126,67	116,63	5,40	5,45	17,09	16,84	0,68
<i>T. longibrachiatum</i>	0,31	0,30	137,05	133,32	6,20	5,82	19,12	17,59	0,74	0,64
<i>A. brasilense</i>	0,34	0,36	151,54	153,45	6,59	5,95	20,10	19,04	0,83	0,70
<i>B. circulans</i>	0,38	0,36	165,11	149,28	6,39	6,09	20,11	19,28	0,84	0,72
<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	0,38	0,36	165,90	155,05	6,70	6,21	20,36	19,46	0,90	0,73
НСП ₀₅ А (почва) В (инокуляция)	0,02		5,99		0,17		0,61		0,04	
	0,03		9,47		0,26		0,96		0,05	

Примечание. 1 – неэродированная почва; 2 – среднеэродированная почва.



Рис. 2. Стимулирующее действие инокулянтов на ячмене Стратус:
 1 – *A. brasilense* + *B. circulans*; 2 – *A. brasilense*; 3 – контроль;
 4 – *B. circulans*; 5 – *T. longibrachiatum*

В полевом опыте на эродированных дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках, проведено сравнение эффективности моно-, бинарных и трехкомпонентного инокулянтов на урожайность ярового ячменя Стратус. Установлено, что наибольшие прибавки зерна ячменя (5,2 и 4,9 ц/га при урожайности 61,4 и 57,9 ц/га) обеспечило применение трехкомпонентного инокулянта *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* на водоразделе и слабоэродированной почве. Применение бинарного бактериального инокулянта *A. brasilense* + *B. circulans* было эффективно на всех элементах склона, прибавки урожайности были ниже (3,9, 4,2 и 3,4 ц/га) по сравнению с трехкомпонентной микробной композицией (табл. 6).

Таблица 6

Влияние инокуляции посевов на урожайность ярового ячменя Стратус на эродированных дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках («Стоковые площадки», 2017 г.)

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка от инокуляции					
	1	2	3	1		2		3	
				ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Контроль	56,2	53,0	51,8	-	-	-	-	-	-
<i>A. brasilense</i>	59,0	56,5	55,2	2,8	4,9	3,5	6,6	3,4	6,6
<i>B. circulans</i>	58,0	56,5	54,8	1,8	3,2	3,5	6,6	3,0	5,8
<i>T. longibrachiatum</i>	58,0	55,3	54,8	1,8	3,2	3,0	4,3	3,0	5,8
<i>A. brasilense</i> + <i>T. longibrachiatum</i>	60,3	55,8	54,2	4,1	7,3	2,8	5,2	2,4	4,6
<i>B. circulans</i> + <i>T. longibrachiatum</i>	58,2	56,9	54,9	2,0	3,6	3,9	7,4	3,1	6,0
<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	60,1	57,2	55,2	3,9	6,9	4,2	7,9	3,4	6,6
<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i> + <i>T. longibrach</i>	61,4	57,9	54,3	5,2	9,3	4,9	9,2	2,5	4,8
НСП ₀₅ А (почва) 1,79; В (инокуляция) 2,82									

Примечание. 1 – незэродированная; 2 – слабоэродированная; 3 – среднеэродированная почва.

Применение бинарного инокулянта *A. brasilense* + *T. longibrachiatum* было эффективным на водоразделе, прибавка зерна составила 4,1 ц/га при урожайности 60,3 ц/га. Бинарный инокулянт *B. circulans* + *T. longibrachiatum* оказался наиболее эффективен в условиях стресса на эродированных почвах: прибавки зерна на слабо и среднеэродированных почвах составили 3,9 и 3,1 ц/га при урожайности 56,9 и 54,9 ц/га соответственно.

Моноинокулянты *A. brasilense*, *B. circulans* и *T. longibrachiatum* были также эффективны в стрессовых условиях на эродированных почвах. На слабоэродированной почве эффекты от инокуляции посевов *A. brasilense* и *B. circulans* равны по величине и составили по 3,5 ц/га, на среднеэродированной – 3,4 и 3,0 ц/га соответственно. Отмечено, что эффективность моноинокулянта *T. longibrachiatum* существенно повышалась в условиях стресса: на водоразделе прибавка зерна составила 1,8 ц/га, а на средне- и сильно эродированных почвах прибавки зерна возросли до 3,0 ц/га, что составило 4,3 и 5,8% соответственно.

ВЫВОДЫ

В лабораторных и полевых условиях установлено стимулирующее действие *Azospirillum brasilense* 2(в)3, *Bacillus circulans* K-81 и *Trichoderma longibrachiatum* L-7 на ростовые процессы инокулированных растений. Протестированные штаммы-инокулянты стимулировали развитие корневой системы растений, повышая их адаптивный потенциал. В лабораторных экспериментах показаны преимущества в развитии корневой системы инокулированных растений: за счет монокультур *A. brasilense* и *B. circulans* суммарная длина корешков/растение увеличивалась на 36–44 %, число корешков – на 9 %. Совместное действие *A. Brasilens* + *B. circulans*, как правило, давало более значимый гормональный эффект: стимуляция суммарной длины корешков одного растения – 25 %, числа корешков – 10 %, сухой массы корней – 28 %, длины проростка – 21 %, сухой надземной массы – 33 %. В лабораторном эксперименте установлено, что культуральная жидкость *T. longibrachiatum* L-7 концентрациях 1 и 2 % обладает ростостимулирующей активностью, которая проявлялась в увеличении длины проростков на 14,3 и 15,4 % и длины корешков на 26,9 и 31,5 % соответственно.

В условиях полевого эксперимента также установлена стимуляция роста ячменя под влиянием азотфиксирующих, калиймобилизующих бактерий и гриба-антагониста. В фазе молочно-восковой спелости увеличение массы корней составило 7–31 % на водоразделе и 7–29 % на среднеэродированной почве, линейных размеров стеблей растений – 8–30 % и 14–32 %, длины колосьев – 15–22 % и 7–12% и числа зерен в колосе – 12–18 % и 5–15 % соответственно. Моноинокулянты *A. brasilense*, *B. circulans* и *T. longibrachiatum* L-7 способствовали увеличению массы корней и колосьев ячменя.

В полевом опыте на эродированных дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках сравнивали эффективность моно-, бинарных и трехкомпонентного инокулянтов на урожайность ярового ячменя Стратус. Наибольшие прибавки зерна на ячменя (5,2 и 4,9 ц/га при урожайности 61,4 и 57,9 ц/га) обеспечил трехкомпонентный инокулянт *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* на водоразделе

и слабоэродированной почве. Бинарный бактериальный инокулянт *A. brasilense* + *B. circulans* был эффективен на всех элементах склона, прибавки урожайности 3,9, 4,2 и 3,4 ц/га. Бинарный инокулянт *A. brasilense* + *T. longibrachiatum* эффективен на водоразделе, прибавка зерна – 4,1 ц/га при урожае 60,3 ц/га. Бинарный инокулянт *B. circulans* + *T. longibrachiatum* наиболее эффективен в условиях стресса: прибавки зерна на слабо- и среднеэродированных почвах – 3,9 и 3,1 ц/га при урожайности 56,9 и 54,9 ц/га соответственно.

На посевах озимой пшеницы Сукцес установлена более высокая эффективность бинарной инокуляции по сравнению с применением монокультур азотфиксирующих и калиймобилизующих бактерий на всех элементах склона: на водоразделе, средне- и сильноэродированных почвах прибавки от моноинокулянтов *A. brasilense* и *B. circulans* составили – 3,9 и 2,5, 3,5 и 2,6, 3,5 и 3,6 ц/га соответственно, а от бинарного инокулянта *A. brasilense* + *B. circulans* – 3,6, 4,1 и 4,6 ц/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recent advances in BNF with non-legume plants / J.I Baldani [et al.] // Soil. Biol. Biochem. – 1997. – Vol. 29. – P. 911–922.
2. Kennedy, I.R. Biological nitrogen fixation in non-leguminous field crops: recent advances / I.R. Kennedy, Y. Tchan // Plant Soil. – 1992. – Vol. 141. – P. 93–118.
3. Kapulnik, Y. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation / Y. Kapulnik, Okon Y. and Henis Y. // Can. J. Microbiol. – 1985. – Vol. 31. – P. 881–887.
4. Dobbelaere, S. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere / S. Dobbelaere, J. Vanderleyden, Y. Okon // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2003. – Vol. 22. – P. 107–149.
5. Okon, Y. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants / Y. Okon, J. Vanderleyden // Am. Soc. Microbiol. News. – 1997. – Vol. 63. – P. 366–370.
6. Kennedy, I.R. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? / I.R. Kennedy, A.T.M.A. Chouhury and M.L. Kecskes // Soil Biol. Biochem. – 2004. – Vol. 36, № 8. – P. 1229–1244.
7. Okon, Y. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots / Y. Okon, Y. Kapulnik // Plant Soil. – 1986. – Vol. 90. – P. 3–16.
8. Kapulnik, Y. Effect of *Azospirillum* spp. on root development and NO₃⁻ uptake in wheat (*Triticum aestivum* cv. Miriam) in hydroponic system / Y. Kapulnik, R. Gafny, Y. Okon // Can. J. Bot. – 1985. – Vol. 63, № 3. – P. 627–631.
9. Старшов, А.А. Микроорганизмы с фосфатрастворяющими и фунгицидными свойствами как основа для создания комплексного препарата, альтернативного фосфорным удобрениям и химическим фунгицидам: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.03; 03.01.06 / А.А. Старшов; ГНЦ прикладной микробиологии и биотехнологии. – Оболенск, 2013. –147 с.

INFLUENCE OF MICROBIAL COMPOSITION AND ITS COMPONENTS ON GROWTH, DEVELOPMENT AND YIELD OF AGRICULTURAL CROPS

N.A. Mikhailouskaya, D.V. Voitka, E.K. Yuzefovich, T.B. Barashenko,
T.V. Poghirnitskaya, S.V. Dusova

Summary

Plant growth promotion effects of monoinoculants *Azospirillum brasilense*, *Bacillus circulans* и *Trichoderma longibrachiatum* and their composition on inoculated plants were observed in laboratory and field conditions. The efficiency of mono-binary and triple inoculants was studied in a field experiment on luvisol sandy loam soil on loess loam characterized by different extent of water erosion development. The most significant responses of spring barley grain (5,2 and 4,9 c/ha under yields values 61,4 and 57,9 c/ha) were obtained as a result of triple inoculant application (*A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum*) at watershed and weakly eroded soil.

Поступила 23.11.2017

УДК 633.34:631:581.1

ВКЛАД РЕУТИЛИЗАЦИИ ПЛАСТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, АЗОТА И ФОСФОРА В РАСТЕНИЯХ СОИ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ

Ю.Л. Разуменко*

Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева,
г. Харьков, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Формирование урожая сельскохозяйственных культур осуществляется как за счет фотосинтеза и минеральных соединений, поступающих из почвы, так и за счет повторного использования из вегетативных органов метаболитов, накопленных в процессе развития. Общая продуктивность растений зависит не только от их способности аккумулировать пластические вещества и элементы питания, но и от эффективности их повторного использования [1, 2, 3].

Чем больше листостебельная масса растений, тем больше в ней запас пластических веществ для образования репродуктивных органов и формирования урожая. Н.Е. Новиковой установлено, что за счет реутилизации запасных веществ может обеспечиваться 1/3 урожая семян гороха [4]. Упомянутая выше физиологическая закономерность нашла свое отражение в результатах селекционной ра-

* Исследования выполнены под руководством к.б.н., профессора ХНАУ Ольховского Г.Ф.

боты некоторых сельскохозяйственных культур. Интерес представляет установленный учеными факт: чем раньше генотип начинает перераспределять продукты ассимиляции из вегетативных в генеративные органы, тем он более урожайный. Было показано, что реутилизация основных элементов питания из вегетативных органов в процессе селекции гороха увеличилась в 1,5–1,8 раза [5, 6].

Наряду с реутилизацией пластических веществ (в виде гидролизированных белков и углеводов) в растениях происходит реутилизация элементов питания, которая является частью общей системы корневого питания растений [7, 8, 9]. Повторное использование растением ранее поглощенных им питательных элементов составляет также процесс круговорота внутри растительного организма [10]. Согласно В.В. Енкену, для получения высоких урожаев необходимо обеспечить сою достаточным количеством элементов питания еще в начале цветения. В последующие фазы роста и развития необходимость в элементах в питания снижается, так как потребность в них обеспечивается за счет перемещения веществ из вегетативных органов в генеративные [11].

Необходимо различать потенциальные возможности для реутилизации и ее реальный вклад в продукционный процесс и формирование различных органов растения. Выявлена зависимость величины реутилизации азота от гидротермических условий года. В неблагоприятных климатических условиях (засуха или избыточное увлажнение в сочетании с пониженной температурой) у сои увеличивается реутилизация азота из вегетативных органов и корневой системы [12].

Удаление всех молодых плодов у сои замедляло скорость старения растений: по накоплению сухой массы и содержанию азота в побегах они приближались к контрольным, которые не создали еще плодов; тормозилось также разрушение хлоропластов. Старение растений сои с удаленными плодами наступало на две недели позже, чем ненарушенных. Эти результаты указывают на существование конкуренции между вегетативными и репродуктивными органами по трофическим и регуляторным факторам [13].

В литературе количество данных по упомянутому вопросу ограничено. В связи с этим целью наших исследований было:

- изучить динамику массы сухих (пластических) веществ и элементов минерального питания (азот и фосфор) в органах растений сои в период ветвление–полная спелость;
- определить количество реутилизированных веществ по разности между максимальными значениями массы органов и валового содержания элементов и минимальными в полной спелости;
- определить долю реутилизированных веществ в зерне сои.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены 2016–2017 гг. в условиях полевого мелкоделяночного опыта в Харьковской области Украины. Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый на лёссе, характеризуется повышенным содержанием обменного фосфора и калия (по Чирикову), содержание гумуса составляет 5,0 %, рН – 6,7. Выращивали раннеспелый сорт сои Эстафета селекции Института растениеводства им. В.Я. Юрьева. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, суперфосфат простой и сульфат калия) вносили вручную под предпосевную культивацию.

Исследовали три варианта: 1) контроль (без удобрений); 2) $N_{60}P_{60}K_{60}$ вразброс + ризогумин; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$ локально на глубину 10 см + ризогумин. Предпосевную обработку семян бактериальным препаратом Ризогумин проводили в день посева из расчета 200 г препарата на гектарную норму семян сои.

Исследовали динамику накопления растениями сои сухого вещества, содержания в нем общего азота и фосфора на протяжении вегетации. Растения для анализа отбирали в следующие фазы роста и развития: ветвление, массовое цветение, формирование бобов, налив бобов и полная спелость. Анализировали отдельные органы растений: листья, стебли, створки и бобы.

Содержание общего азота и фосфора в растительном материале сои определяли по общепринятым методикам после сжигания навески в серной кислоте [14]. Аналитические исследования проводились в лабораториях ХНАУ им. В.В. Докучаева и ННЦ «ИПА им. А.Н. Соколовского».

Для определения валового содержания элемента необходимо знать его концентрацию в каждом органе растения и массу этого органа в пересчете на m^2 .

Количество повторно использованных веществ из вегетативных органов (уровень реутилизации) определено как разность между максимальными значениями на протяжении вегетации и минимальными в полной спелости, выраженное в $г/м^2$ (при средней густоте растений 46 шт./ $м^2$) и в %. Допускаем некоторые потери массы на дыхание тканей всех органов.

Для определения вклада реутилизированных веществ сравнивали их валовое содержание за период налива зерна с содержанием этих веществ в зерне в полную спелость.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прирост сухого вещества у растений сои в течение вегетации проходил неравномерно (табл. 1). На начальных фазах развития растений этот показатель был незначительным. Начиная с фазы цветения, растения наращивали вегетативную массу быстро. Максимальное содержание сухого вещества по всем изучаемым вариантам наблюдалось в фазу формирования бобов. Начиная с фазы налива бобов, происходило постепенное уменьшение массы листьев и стеблей. Вместе с этим увеличивалась масса репродуктивных органов. Минеральные удобрения положительно влияли на накопление сухого вещества растениями сои: по всем фазам роста и развития растений этот показатель на удобренных вариантах выше, чем на контроле. Уменьшение (реутилизация) содержания сухих веществ составляло на контроле 13,9 % в листьях и 10 % в стеблях, на удобренных вариантах – 14,9–16,1 % и 9,9–10,8 % соответственно.

Результаты определения содержания азота (N) в сухом веществе растений сои показаны в таблице 2. Исследования показали, что максимальное содержание данного элемента в вегетативных органах наблюдалось в молодых растениях. На контроле содержание этого элемента в фазу ветвления составляло 3,66 % в листьях и 2,09 % в стеблях, а на удобренных вариантах – 3,78–3,86 % и 2,18–2,26 % соответственно. Далее происходило уменьшение содержания азота в вегетативных органах по всем вариантам. Минимальное количество азота было в пожелтевших листьях, стеблях и створках в фазе полной спелости зерна, а максимальное количество было в зерне 6,72–7,16 %.

Таблица 1

Особенности накопления сухого вещества растениями сои, г/м²

Вариант	Органы растений	Фазы роста и развития растений					Отток (реутилизация)	
		ветвление	массовое цветение	образование бобов	налив бобов	полная спелость	г/м ²	%
1. Контроль	Листья	40,4	125,1	228,7	214,2	196,8	31,9	13,9
	Стебли	34,1	103,7	297,2	278,7	261,4	29,8	10,0
	Створки				48,3	56,4		
	Зерно				32,8	130,6		
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ вразброс + ризогумин	Листья	41,7	140,7	251,5	237,5	214,0	35,7	14,9
	Стебли	35,5	88,8	317,9	313,4	286,3	32,6	9,9
	Створки				50,6	58,7		
	Зерно				38,6	177,3		
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глубину 10 см + ризогумин	Листья	44,0	154,6	279,04	265,1	234,1	44,9	16,1
	Стебли	36,5	94,3	328,4	313,3	292,8	35,6	10,8
	Створки				57,2			
	Зерно				43,9			
НСР ₀₅	Листья	18,1						
	Стебли	22,5						
	Створки	3,8						
	Зерно	41,7						

Таблица 2

Содержание азота в отдельных органах растений сои, %

Вариант	Орган растения	Фазы роста и развития растений				
		ветвление	массовое цветение	образование бобов	налив бобов	полная спелость
1. Контроль	Листья	3,66	3,38	2,96	1,87	0,75
	Стебли	2,09	1,74	1,43	1,15	0,59
	Створки				1,85	0,83
	Зерно				6,28	6,72
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ вразброс + ризогумин	Листья	3,78	3,50	3,17	2,02	1,05
	Стебли	2,18	1,84	1,48	1,18	0,66
	Створки				1,91	0,95
	Зерно				6,40	7,01
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глубину 10 см + ризогумин	Листья	3,86	3,56	3,20	2,09	1,20
	Стебли	2,26	1,87	1,49	1,23	0,69
	Створки				2,10	0,99
	Зерно				6,49	7,16
НСР ₀₅	Листья	0,11				
	Стебли	0,04				
	Створки	0,19				
	Зерно	0,30				

Изменение содержания фосфора (P₂O₅) имело такую же тенденцию, как и азота (табл. 3). Больше фосфора содержалось в молодых вегетативных органах как на контроле, так и на удобренных вариантах – 0,63–0,76 % в листьях и 0,47–

0,55 % в стеблях. Минимальное количество данного элемента наблюдалось в листьях, стеблях и створках бобов при достижении полной спелости зерна 0,13–0,19 %. Семена сои содержали 1,46–1,60 % фосфора.

Таблица 3

Содержание фосфора в отдельных органах растений сои, %

Вариант	Орган растений	Фазы роста и развития растений				
		ветвление	массовое цветение	образование бобов	налив бобов	полная спелость
1. Контроль	Листья	0,63	0,44	0,42	0,37	0,13
	Стебли	0,47	0,38	0,37	0,30	0,17
	Створки				0,37	0,14
	Зерно				1,35	1,46
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ вразброс + ризогумин	Листья	0,67	0,53	0,49	0,45	0,16
	Стебли	0,55	0,46	0,42	0,33	0,18
	Створки				0,51	0,17
	Зерно				1,43	1,53
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глубину 10 см + ризогумин	Листья	0,76	0,60	0,57	0,49	0,16
	Стебли	0,55	0,49	0,45	0,44	0,19
	Створки				0,55	0,19
	Зерно				1,52	1,60
НСР ₀₅	Листья	0,05				
	Стебли	0,05				
	Створки	0,17				
	Зерно	0,04				

Валовое содержание азота и фосфора в связи с нарастанием вегетативной массы постепенно увеличивалось (табл. 4 и 5). Например, в листьях содержание азота увеличилось с 1,48–1,70 г/м² в фазе ветвления растений до 6,70–8,92 г/м² в фазу налива бобов. А в конце вегетации этот показатель уменьшился почти в три раза. В стеблях валовое содержание азота также увеличивалось до фазы формирования бобов, а в последующие фазы резко уменьшилось. Содержание азота в зерне возрастало от фазы налива бобов до полной спелости.

Таблица 4

Валовое содержание азота в отдельных органах растений сои, г/м²

Вариант	Орган растений	Фазы роста и развития растений					Отток
		ветвление	массовое цветение	образование бобов	налив бобов	полная спелость	
1. Контроль	Листья	1,48	4,23	6,77	4,00	1,67	5,1
	Стебли	0,71	1,84	4,22	3,20	1,54	2,68
	Створки				0,89	0,47	0,42
	Зерно				2,02	10,80	
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ вразброс + ризогумин	Листья	1,58	4,92	7,97	4,79	2,25	2,72
	Стебли	0,77	1,63	4,70	3,69	1,88	2,82
	Створки				0,97	0,55	0,42
	Зерно				2,47	12,43	

Окончание табл. 4

Вариант	Орган растений	Фазы роста и развития растений					Отток
		ветвление	массовое цветение	образование бобов	налив бобов	полная спелость	
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глубину 10 см + ризогумин	Листья	1,70	5,50	8,92	5,54	2,81	6,11
	Стебли	0,82	1,76	4,89	3,85	2,02	2,87
	Створки				1,20	0,67	0,53
	Зерно				2,85	14,63	
НСР ₀₅	Листья	0,66					
	Стебли	0,35					
	Створки	0,16					
	Зерно	3,75					

Данные табл. 5 показывают, что в листьях содержание фосфора увеличилось с 0,25–0,33 г/м² до 0,96–1,59 г/м² в фазе налива бобов. К фазе полной спелости зерна этот показатель уменьшился почти в три раза. В стеблях валовое содержание фосфора также увеличивалось до фазы формирования бобов, в последующие фазы резко уменьшилось. Наибольшее содержание фосфора было в зерне.

Таблица 5

Валовое содержание фосфора в отдельных органах растений сои, г/м²

Вариант	Орган растений	Фазы роста и развития растений					Отток
		ветвление	массовое цветение	образование бобов	налив бобов	полная спелость	
1. Контроль	Листья	0,25	0,55	0,96	0,79	0,25	0,71
	Стебли	0,16	0,39	1,09	0,83	0,44	0,65
	Створки				0,18	0,07	0,11
	Зерно				0,44	2,34	
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ вразброс + ризогумин	Листья	0,28	0,75	1,23	1,07	0,34	0,89
	Стебли	0,19	0,41	1,33	1,03	0,51	0,82
	Створки				0,25	0,09	0,16
	Зерно				0,55	2,71	
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глубину 10 см + ризогумин	Листья	0,33	0,93	1,59	1,30	0,37	1,22
	Стебли	0,20	0,46	1,48	1,37	0,56	0,92
	Створки				0,31	0,13	0,18
	Зерно				0,67	3,27	
НСР ₀₅	Листья	0,23					
	Стебли	0,21					
	Створки	0,09					
	Зерно	0,88					

Исходя из выше изложенных данных, нами рассчитана реутилизация (отток) азота и фосфора за период от налива бобов до полной спелости зерна, а также доля реутилизированных (повторно использованных) веществ в зерне сои. Результаты отображены в табл. 6 и 7.

Таблица 6

Реутилизация азота из вегетативных органов, %

Вариант	Реутилизация			Вклад реутилизированных веществ в формирование урожая
	листья	стебли	створки	
1. Контроль	75,3	63,5	47,2	71,4
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ вразброс + ризогумин	72,0	60,0	43,0	75,9
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глубину 10 см + ризогумин	68,5	58,7	44,2	72,0

Реутилизация азота составляла 68,5–75,3 % в листьях, 58,7–63,5 % в стеблях, 44,2–47,2 % в створках. Вклад реутилизации азота в формирование зерна составил 67,1–75,9 %.

Таблица 7

Реутилизация фосфора из вегетативных органов, %

Вариант	Реутилизация			Вклад реутилизированных веществ в формирование урожая
	листья	стебли	створки	
1. Контроль	74,0	59,6	61,6	62,8
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ вразброс + ризогумин	72,3	61,6	64,0	69,0
3. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ локально на глубину 10 см + ризогумин	76,7	62,1	58,3	71,0

Реутилизация фосфора из листьев составляла 72,3–76,2 %, из стеблей – 59,6–62,1 %, из створок – 58,1–64,0 %. Этого количества фосфора достаточно для обеспечения 62,8–71,1 % от общего содержания фосфора в семенах.

ВЫВОДЫ

Исследована динамика содержания сухого вещества, азота и фосфора в отдельных органах растений сои. Максимальное содержание этих вещества по всем изучаемым вариантам наблюдалось в фазу формирования бобов. Начиная с фазы налива бобов, происходило постепенное уменьшение массы листьев и стеблей. Уровень реутилизации сухих (пластических) веществ из вегетативных органов сои составлял 9,9–16,1 %. Отток соединений азота и фосфора из вегетативных органов в дозревающее зерно сои составлял около 66 % от максимального содержания во время вегетации. Вклад повторно использованного азота в формирование урожая в нашем опыте составил 70 %, а фосфора – 66 %.

Приведенные данные свидетельствуют о важности всех органов растений сои в создании урожая зерна. Процесс формирования зерна сопровождался использованием сложных компонентов листьев и стеблей, а потом и створок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Crafts-Brandner, S.J.* (1991) Significance of remobilization of vegetative phosphorus on biomass and yield production in soybean (*Glycine max* [L.] Merr.) / S.J. Crafts-Brandner // *Crop Sci.* – 1991. – Vol. 32. – P. 19–425.

2. *Hocking, P.J.* Dry-matter production, mineral nutrient concentrations, and nutrient distribution and redistribution in irrigated spring wheat / P.J. Hocking // *J. Plant Nutr.* – 1994. – Vol. 17. – P. 1289–1308.
3. *Himelblau, E.* Nutrients mobilized from leaves of *Arabidopsis thaliana* during leaf senescence / E. Himelblau, R.M. Amasino // *J. Plant Physiol.* – 2001. – Vol. 158 – P. 1317–1323.
4. *Новикова, Н.Е.* Физиологические факторы в повышении продуктивности сортов гороха / Н.Е. Новикова // *С.-х. биология.* – 2000. – № 3. – С. 55–59.
5. *Новикова, Н.Е.* О семяобразующей способности сортов гороха / Н.Е. Новикова, А.П. Лаханов // *Селекция и семеноводство.* – 1995. – № 3. – С. 8–10.
6. *Мирошниченко, М.В.* Изменение хозяйственно – биологических признаков сортов сои в результате селекции: дис. ...канд. биол. наук: специальность «селекция и семеноводство» [Электронный ресурс] / М.В. Мирошниченко. – Краснодар, 2005. – 167 с. / Режим доступа: <http://www.dissercat.com>
7. *Waters, B.M.* Wheat (*Triticum aestivum*) NAM proteins regulate the translocation of iron, zinc, and nitrogen compounds from vegetative tissues to grain / B.M. Waters, C. Uauy, J. Dubcovsky, M.A. Grusak // *J. Exp. Bot.* – 2009. – Vol. 60. – P. 4263–4274.
8. Soybean Nutrition Requirements / Integrated Crop Management. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://crops.extension.iastate.edu/soybean/production_soilfert.html.
9. *Ковалев, М.В.* О применении физиологических методов в селекции и растениеводстве / М.В. Ковалев // *Сельскохозяйственная биология.* – 1986. – № 3. – С. 19–27.
10. *Брей, С.М.* Азотный обмен в растениях / С.М. Брей; пер. с англ. Э.Е. Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 200 с.
11. *Енкен, В.В.* Соя / В.В. Енкен. – М., 1959. – 622 с.
12. *Головина, Е.В.* Влияние погодных условий на накопление и реутилизацию азота сортами сои / Е.В. Головина // *Вестник ОрелГАУ.* – 2005. – № 10. – С. 58–61. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.cyberleninka.ru/article-na-nakoplenie-i-azota-soi>.
13. *Полевой, В.В.* Физиология роста и развития растений: учеб. пособие / В.В. Полевой, Т.С. Саламатова. – Л.: Изд-во ленинградского ун-та, 1991. – 241 с.
14. Агрохімія. Аналіз рослин. [Завдання та методичні вказівки до навч.-досл. роботи] / М.М. Кулешов [та інш.]. – Харків: Харк. держ. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 1999. – 67 с.

REUTILIZATION OF PLASTIC SUBSTANCES, NITROGEN AND PHOSPHORUS IN SOYBEAN PLANTS AT TYPICAL CHERNOZEM

Yu.L. Razumenko

The article presents the results of studies on the dynamics of the content of dry matter, total nitrogen and phosphorus by individual organs of soybean plants. The number of nutrients that can be remobilized, that is to translocate from vegetative organs

to generative organs soybean during grain ripening is determined. The remobilization of dry (plastic) substances was 9,9–16,1 %. The outflow of mobile nitrogen and phosphorus compounds from the vegetative organs to the ripening soybean grain was about 66 % of the maximum content during vegetation. The contribution of reused nitrogen in the formation of yields was 70 %, and phosphorus – 66 %.

Поступила 08.11.2017

УДК 631.816:631.452:631.582

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ В ОРОШАЕМОМ ОВОЩЕ-КОРМОВОМ СЕВООБОРОТЕ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

А.В. Куц, Т.В. Парамонова

*Институт овощеводства и бахчеводства
Национальной академии аграрных наук Украины,
г. Мерефа, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на существенный прогресс в агропроизводственном секторе, вопрос повышения продуктивности культур севооборота остается значительной задачей сельскохозяйственного производства и приобретает с каждым годом большое актуальное значение [1]. Нужно отметить, что урожайность сельскохозяйственных растений, как и продуктивность севооборота в целом, выступает интегральным показателем эффективного плодородия почвы, а ее уровень определяется сложным сочетанием целого комплекса грунтовых, биологических и погодных факторов, системой удобрения культур, набором и схемой чередования их в севообороте [2]. Современное использование земельных ресурсов далеко от требований рационального природопользования и часто обуславливает интенсивное протекание деградационных процессов в почвах (дегумификация, водная эрозия и дефляция, вторичное засоление, переуплотнение, снижение микробиологической активности и обеспеченности элементами питания). Поэтому разработка агротехнологий должна кроме обеспечения получения оптимального уровня урожайности сельскохозяйственной продукции нормированного качества на фоне максимального использования агроресурсного потенциала территории, еще и способствовать сохранению и воспроизводству плодородия почвы.

Оценить эффективность различных систем удобрения можно только в условиях севооборота. Основой научно обоснованных систем применения удобрений наряду с получением запланированных урожаев должно быть получение за ротацию севооборота бездефицитного баланса гумуса и основных элементов питания [3]. Использование короткоротационных овощных севооборотов не зависимо

от системы удобрений вызывает снижение плодородия почвы и, как следствие, уменьшение урожайности овощных растений. По данным В.Е. Гончаренко при использовании четырехпольного овощного севооборота в течении 16 лет наблюдается уменьшение содержания гумуса в пахотном слое чернозема типичного с 4,4 % до уровня 3,89–3,99 % (в зависимости от применяемой системы удобрения), ухудшается микробиологическая активность почвы, снижается урожайность овощных растений на 10–35 % [4].

Поэтому исследование эффективности различных систем удобрения в орошаемом овоще-кормовом севообороте Левобережной Лесостепи Украины является вопросом актуальным.

Цель исследований – определение влияния различных систем удобрений на основные показатели плодородия чернозема типичного и урожайность культур в орошаемом овоще-кормовом севообороте Левобережной Лесостепи Украины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в Институте овощеводства и бахчеводства НААН Украины в длительном стационарном полевом опыте, заложенном в 1967 г. Изучали эффективность различных систем удобрения (минеральная, органическая с внесением различного количества органических удобрений, органоминеральная с различным соотношением удобрений, ресурсосберегающая с использованием минеральных удобрений локально) в орошаемом 9-ти польном овоще-кормовом севообороте со следующим чередованием культур: ячмень с подсевом многолетних трав – многолетние травы (люцерна) первого и второго годов использования – огурец – озимая пшеница – лук репчатый – томат – капуста белокочанная – свекла столовая (табл. 1).

Почва опытного участка – чернозем типичный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке (содержание гумуса до закладки опытов – 3,89–3,99 %, сумма поглощенных оснований – 30,1–31,0 мг-экв/100 г почвы, гидролитическая кислотность – 1,8–2,4 мг-экв/100 г почвы, подвижного фосфора – 187–213 мг/кг сухой почвы, обменного калия – 141–167 мг/кг сухой почвы).

Отбор почвенных образцов для определения основных показателей плодородия почвы производили в конце каждой ротации севооборота (после уборки последней культуры севооборота – свеклы столовой). Содержания гумуса определяли по методике Тюрина, суммы поглощенных оснований – по Каппену, гидролитическую кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО, подвижный фосфор и калий – по модифицированной методике Чирикова.

Технология выращивания овощных растений в опытах была общепринятой для зоны Лесостепи Украины с применением орошения способом дождевания. В опытах использовали следующие сорта: ячмень Вакула, люцерна Синская, огурец Лялюк, озимая пшеница Донецкая 48, лук репчатый Ткаченковский, томат Кременчугский, капуста белокочанная Харьковская зимняя, свекла столовая Бордо харьковская.

Общая площадь делянки составила 58,3 м² (8,33 м × 7,0 м), учетная – 36,4 м² (5,6 м × 6,5 м), повторность – четырехкратная, размещение участков – систематическое в два яруса.

Таблица 1

Схема внесения удобрений в стационарном полевом опыте по изучение различных систем удобрения в овоще-кормовом севообороте

Система удобрения в севообороте	Систем удобрения культур севооборота							свекла столовая
	ячмень с подсевом	люцерна 1 и 2 г.и.	огурец	озимая пшеница	лук репчатый*	томат	капуста	
Без удобрения (контроль)	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Минеральная система удобрения</i>								
$N_{60}P_{57}K_{50}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	–	$N_{90}P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{120}P_{120}K_{90}$	$N_{120}P_{120}K_{90}$	–
<i>Органическая система удобрений</i>								
14 т/га навоз	–	–	50 т/га	–	36 т/га	–	40 т/га	–
21 т/га навоз	–	–	100 т/га	–	–	–	89 т/га	–
28 т/га навоз	–	–	84 т/га	–	84 т/га	–	84 т/га	–
<i>Органо-минеральная система удобрения</i>								
7 т/га навоз + $N_{60}P_{57}K_{50}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	–	$33 \text{ т/га} + N_{90}P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{120}P_{120}K_{90}$	$30 \text{ т/га} + N_{120}P_{120}K_{90}$	–
14 т/га навоз + $N_{60}P_{57}K_{50}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	–	$66 \text{ т/га} + N_{90}P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{120}P_{120}K_{90}$	$60 \text{ т/га} + N_{120}P_{120}K_{90}$	–
14 т/га навоз + $N_{30}P_{28}K_{25}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	–	$50 \text{ т/га} + N_{45}P_{30}K_{30}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$36 \text{ т/га} + N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{60}P_{60}K_{45}$	$40 \text{ т/га} + N_{60}P_{60}K_{45}$	–
21 т/га навоз + $N_{30}P_{28}K_{25}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	–	$66 \text{ т/га} + N_{45}P_{30}K_{30}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$63 \text{ т/га} + N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{60}P_{60}K_{45}$	$60 \text{ т/га} + N_{60}P_{60}K_{45}$	–
7 т/га навоз + $N_{30}P_{28}K_{25}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	–	$33 \text{ т/га} + N_{45}P_{30}K_{30}$	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{60}P_{60}K_{45}$	$30 \text{ т/га} + N_{60}P_{60}K_{45}$	–
<i>Ресурсосберегающая система удобрений</i>								
14 т/га навоз + $N_{30}P_{28}K_{25}$ (локально)	$N_{30}P_{30}K_{30}$	–	$50 \text{ т/га} + N_{45}P_{30}K_{30}$ (локально)	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$36 \text{ т/га} + N_{45}P_{45}K_{45}$ (локально)	$N_{60}P_{60}K_{45}$ (локально)	$40 \text{ т/га} + N_{60}P_{60}K_{45}$ (локально)	–
21 т/га навоз + $N_{15}P_{14}K_{12,5}$ (локально)	$N_{15}P_{15}K_{15}$	–	$66 \text{ т/га} + N_{22,5}P_{15}K_{15}$ (локально)	$N_{15}P_{15}K_{15}$	$63 \text{ т/га} + N_{22,5}P_{22,5}K_{22,5}$ (локально)	$N_{30}P_{30}K_{22,5}$ (локально)	$60 \text{ т/га} + N_{30}P_{30}K_{22,5}$ (локально)	–

* Под лук репчатый использовали перегной.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Внедрение овощно-кормового севооборота с многолетними травами и зерновыми культурами обеспечивает положительный баланс гумуса, что объясняет повышение содержания гумуса на контроле и при использовании минеральной системы удобрений (табл. 2). Следует отметить, что в первой ротации показатели гумуса в основном существенно не меняются. Только начиная со второй ротации и более интенсивно в третьей ротации содержание гумуса начинает повышаться. Применение органо-минеральной системы удобрения способствует наибольшему повышению содержания гумуса в пахотном слое чернозема типичного (до 4,35 %). Минеральная система удобрений не влияет на данный показатель, так как при использовании только минеральных туков содержание гумуса находится на уровне контрольного варианта и составляет 4,16 %.

Таблица 2

Влияние различных систем удобрений на основные показатели плодородия чернозема типичного орошаемого овоще-кормового севооборота

Система удобрения (на 1 га севооборотной площади)	Содержание в пахотном слое почвы			
	1984 г.	1996 г.	2005 г.	2014 г.
	1 ротация	2 ротация	3 ротация	
<i>Содержание гумуса, %</i>				
Без удобрений	3,89	3,89	4,10	4,17
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	3,97	3,90	4,08	4,16
14 т/га навоза	3,99	3,94	4,11	4,31
14 т/га навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	3,93	4,03	4,17	4,35
HCP _{0,95}	0,28	0,35	0,38	0,42
<i>Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100 г почвы</i>				
Без удобрений	31,0	31,0	31,8	30,5
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	30,1	29,0	31,1	31,0
14 т/га навоза	30,8	30,0	32,6	31,9
14 т/га навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	30,1	29,0	31,1	31,5
HCP _{0,95}	2,15	2,65	2,47	2,88
<i>Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы</i>				
Без удобрений	1,8	1,6	1,7	1,8
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	2,4	2,4	2,4	1,9
14 т/га навоза	1,8	1,5	1,5	1,6
14 т/га навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	2,4	2,2	2,1	1,8
HCP _{0,95}	0,18	0,20	0,21	0,17
<i>Содержание подвижного фосфора, мг/кг сухой почвы</i>				
Без удобрений	187	113	128	102
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	201	239	235	206
14 т/га навоза	195	161	172	162
14 т/га навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	213	171	171	183
HCP _{0,95}	19,5	18,8	18,1	20,5

Система удобрения (на 1 га севооборотной площади)	Содержание в пахотном слое почвы			
	1984 г.	1996 г.	2005 г.	2014 г.
	1-я ротация		2-я ротация	3-я ротация
<i>Содержание обменного калия, мг/кг сухой почвы</i>				
Без удобрений	144	90	90	109
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀	167	126	119	169
14 т/га навоза	141	125	120	145
14 т/га навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅	162	134	128	153
НСП _{0,95}	14,8	13,5	12,6	15,4

Применение различных систем удобрений в севообороте способствует постепенному увеличению суммы поглощенных оснований, особенно при использовании органо-минеральной системы удобрения (31,5 мг-экв/100 г почвы). Также применение удобрений (как органических, так и минеральных) обеспечивает снижение гидролитической кислотности почвы до уровня 1,6–1,9 мг-экв/100 г почвы.

Содержание подвижных форм фосфора в течении трех ротаций севооборота снижается, особенно на контроле (до 102 мг/кг). Только при использовании минеральных удобрений уровень обеспеченности почвы подвижными фосфатами остается неизменным (206 мг/кг), хотя и наблюдалось определенное повышение их по окончании первой и второй ротаций севооборота (239 и 235 мг/кг соответственно).

Также отмечается определенное снижение содержания обменного калия в пахотном слое чернозема типичного в первой и второй ротациях севооборота как на контроле (90 мг/кг), так и при различных системах удобрений (119–134 мг/кг). В третьей ротации севооборота содержание обменного калия повысилось до начального уровня, особенно при использовании минеральной и органо-минеральной систем удобрений (153–169 мг/кг).

Действие и последствие различных систем удобрений в овоще-кормовом севообороте на различные культуры неодинаковое (табл. 3). На урожайность ячменя наиболее интенсивно влияет использование минеральной, органо-минеральной и ресурсосберегающей систем удобрений, что выражается в получении прибавки урожая зерна на уровне 1,1–1,6 т/га. Последствие органо-минеральной (21 т навоза + вразброс N₃₀P₂₈K₂₅) и ресурсосберегающих (14–21 т навоза + локально N_{15–30}P_{14–28}K_{12,5–25}) систем удобрения обеспечивает повышение урожайности люцерны первого года использования на 3,6–5,0 т/га. Существенное увеличение урожайности люцерны первого года использования отмечается также по последствию органических удобрений, но при повышенных дозах (21–28 т/га севооборотной площади).

Эффективное последствие удобрений на люцерну второго года использования обеспечивает только последствие 28 т/га органических удобрений и органо-минеральные системы удобрений с повышенными дозами минеральных туков (7–14 т/га навоза + N₆₀P₅₇K₅₀).

Высокой уровень урожайности озимой пшеницы (5,6–5,9 т/га) обеспечивает органическая (21 т/га севооборотной площади) и органо-минеральные системы удобрений (7 т навоза + вразброс N_{30–60}P_{14–57}K_{25–50}; 14 т навоза + локально N₃₀P₂₈K₂₅).

Таблица 3
Урожайность культур в орошаемом овоще-кормового севооборота при различных системах удобрения (в среднем за 3 года)

Система удобрений (на 1 га севооборотной площади)	Ячмень (2004– 2006 гг.)		Люцерна 1 г.и. (2005– 2007 гг.)		Люцерна 2 г.и. (2006– 2008 гг.)		Огурец (2007– 2009 гг.)		Озимая пше- ница (2008– 2010 гг.)		Лук репча- тый (2009– 2011 гг.)		Томат (2010– 2012 гг.)		Капуста белокачанная (2011–2013 гг.)		Свекла сто- ловая (2012– 2014 гг.)	
	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га	Урожайность, т/га	прибавка к контролю, т/га
Без удобрений (контроль)	2,5	–	32,1	–	27,3	–	18,3	–	4,9	–	6,2	–	26,4	–	37,4	–	38,3	–
N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (вразброс)	3,6	1,1	32,1	–	28,6	1,3	22,8	4,5	5,5	0,6	7,4	1,2	37,7	11,3	56,3	18,9	50,4	12,1
14 т навоза	3,0	0,5	33,6	1,5	28,8	1,5	22,2	3,6	5,3	0,4	7,0	0,8	33,9	7,5	55,3	17,9	44,8	6,5
21 т навоза	3,4	0,9	35,8	3,7	29,0	1,7	24,6	6,3	5,7	0,8	8,2	2,0	33,9	7,5	54,2	16,8	46,6	8,3
28 т навоза	3,4	0,9	35,6	3,5	31,0	3,7	22,6	4,3	5,1	0,2	7,9	1,7	34,2	7,8	56,0	18,6	48,7	10,4
7 т навоза + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (вразброс)	3,8	1,3	34,9	2,8	30,4	3,1	23,6	5,3	5,7	0,8	8,4	2,2	36,9	10,5	54,7	17,3	44,5	6,2
14 т навоза + N ₆₀ P ₅₇ K ₅₀ (вразброс)	4,1	1,6	35,2	3,1	30,4	3,1	24,7	6,4	5,5	0,6	8,5	2,3	36,9	10,5	56,8	19,4	47,6	9,3
14 т навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (вразброс)	3,9	1,4	33,7	1,6	26,5	-0,8	23,2	4,9	5,4	0,5	7,8	1,6	37,6	11,2	55,5	18,1	48,7	10,4
21 т навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (вразброс)	3,5	1,0	36,1	5,0	27,7	0,4	23,4	5,1	5,6	0,7	7,8	1,6	37,9	11,5	54,9	17,5	52,4	14,1
7 т навоза + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (вразброс)	3,4	0,9	33,2	1,1	28,0	0,7	21,4	3,1	5,9	1,0	7,4	1,2	37,0	10,6	56,7	19,3	48,7	10,4
14 т навоза (вразброс) + N ₃₀ P ₂₈ K ₂₅ (локально)	3,8	1,3	35,9	3,8	27,7	0,4	22,3	4,0	5,6	0,7	7,6	1,4	37,5	11,1	56,6	19,2	54,4	16,1
21 т навоза (вразброс) + N ₁₅ P ₁₄ K _{12,5} (локально)	3,6	1,1	35,7	3,6	28,9	1,6	23,2	4,9	5,7	0,8	7,6	1,4	37,7	11,3	55,6	18,2	53,9	15,6
НСР _{0,95} по годам	0,30; 0,36; 0,29		2,7; 1,9; 2,2		2,5; 1,9; 4,2		2,4; 2,6; 1,9		0,74; 0,57; 0,51		0,48; 0,42; 2,2		1,95; 3,26; 5,02		5,24; 6,07; 4,85		4,12; 4,75; 6,24	

Следует отметить, что совместное применение органических и минеральных удобрений в разном соотношении обеспечивает повышение продуктивности овощно-кормового севооборота за счет роста урожайности огурца на 17–35 %, томата – на 40–44 %, капусты белокочанной – на 46–52 %, свеклы столовой – на 16–42 %.

При выращивании огурца наибольшие прибавки урожайности обеспечивает внесение органических удобрений в дозе 21 т/га севооборотной площади (6,3 т/га) и органо-минеральные системы удобрений (7–14 т/га навоза + вразброс $N_{60}P_{57}K_{50}$; 21 т/га навоза + вразброс $N_{30}P_{28}K_{25}$), где прибавка урожайности составляла 5,1–6,4 т/га.

Также органическая система удобрений (21 т/га) и совместное использование органических и минеральных удобрений (7–14 т/га навоза + вразброс $N_{60}P_{57}K_{50}$) обеспечивало наибольшие прибавки урожайности лука репчатого (2,0–2,3 т/га). Остальные системы удобрений обуславливали также существенное повышение урожайности культуры, но в меньших пределах (0,8–1,6 т/га).

Применение минеральной, органо-минеральных и ресурсосберегающих систем удобрений обеспечивает увеличение урожайности томата на 10,5–11,3 т/га, тогда как по последствию органических удобрений урожайность культуры увеличивалась только на 7,5–7,8 т/га.

При выращивании капусты белокочанной наибольшие прибавки урожайности обеспечивает применение минеральной (18,9 т/га), органической с насыщением органическими удобрениями 28 т/га севооборотной площади (18,6 т/га), некоторые комбинации органо-минеральной и ресурсосберегающей систем удобрения (19,2–19,4 т/га).

Наибольшие прибавки урожайности свеклы столовой отмечены по последствию ресурсосберегающих систем удобрения, где минеральные удобрения вносятся локально, при этом урожайность культуры увеличивается на 15,6–16,1 т/га.

ВЫВОДЫ

Применение в орошаемом овоще-кормовом севообороте минеральных и органических удобрений способствует определенной стабилизации основных показателей плодородия пахотного слоя чернозема типичного (при использовании органических удобрений повышается содержание гумуса, отмечается позитивная тенденция увеличения суммы поглощенных оснований и снижения гидролитической кислотности; при использовании минеральных удобрений – уровень содержания подвижных форм фосфора и калия не изменяется на протяжении трех ротаций севооборота).

Органо-минеральные (7–14 т/га навоза + вразброс $N_{60}P_{57}K_{50}$) и ресурсосберегающая (14 т/га навоза + локально $N_{30}P_{28}K_{25}$) системы удобрения обеспечивают повышение урожайности ячменя на 52–64 %, люцерны – на 9–12 %, озимой пшеницы – на 12–16 %, огурца – на 22–36 %, лука репчатого – на 23–37 %, томата – на 40–42 %, капусты белокочанной – на 46–52 %, свеклы столовой – на 16–42 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Господаренко, Г.М.* Основи інтегрованого застосування добрив / Г.М. Господаренко. – К.: ЗАТ «Нічлава», 2002. – 344 с.

2. *Ткаченко, М.А.* Продуктивність типових сівозмін Лісостепу залежно від інтенсивності агрохімічного навантаження / М.А. Ткаченко, Д.В. Літвінов // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2014. – Вип. 22. – С. 100–106.

3. *Надеждин, С.М.* Содержание и состав гумуса в зависимости от севооборота и удобрений / С.М. Надеждин, Е.В. Жиряков // Плодородие. – 2005. – № 1. – С. 17–18.

4. *Гончаренко, В.Е.* Влияние удобрений на продуктивность овощного севооборота и агрохимические свойства чернозема среднемощного Лесостепной зоны Украины / В.Е. Гончаренко, Л.П. Ходеева, Л.А. Ткач // Агрохимия. – 1982. – № 7. – С. 90–93.

EFFICIENCY OF USING FERTILIZERS IN AN IRRIGATED VEGETABLE AND FODDER CROP ROTATION ON THE LEFT BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

A.V. Kuts, T.V. Paramonova

For the irrigated vegetable and fodder crop rotation the systematic application of organo-mineral fertilizer system provides stabilization the quality of humus (increase in the content of humus in the plow layer to 4,35 %, the sum of absorbed bases to 31,5 mq/100 g of soil). The joint use of organic and mineral fertilizers contributes to the increase in yield of grain crops in crop rotation by 10–64 %, perennial grasses – by 1–16 %, cucumber – by 17–35 %, onion – by 13–37 %, tomato – by 28–44 %, white cabbage – by 46–52 %, beetroot – by 16–42 %. The maximum effect is achieved in case of using 7 t/ha of the crop rotation area of organic fertilizers + $N_{60}R_{57}K_{50}$ (separately) and 14 t/ha of organic fertilizers + $N_{30}P_{28}K_{25}$ (locally).

Поступила 10.11.2017

3. ДИСКУССИИ

УДК 633.321:631.552.2

О ДОПОЛНЕНИЯХ К ОТРАСЛЕВЫМ РЕГЛАМЕНТАМ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ЗЕМЛЯХ

А.Г. Подоляк, А.Ф. Карпенко

Институт радиологии, г. Гомель, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

На основании постановления Коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия № 16 от 04 июля 1995 г. научными учреждениями Республики Беларусь разработаны отраслевые регламенты на типовые технологические процессы производства сельскохозяйственной продукции для нормативно-технологического обеспечения сельского хозяйства в области производства продукции высокого качества [1, 2].

Отраслевые регламенты на типовые технологические процессы относятся к нормативным документам, которые аккумулируют достижения научно-технического прогресса, устанавливают требования к наиболее рациональному выполнению технологических процессов и операций, а также содержат перечень контролируемых параметров, норм и уровней оценки качества труда. Соблюдение требований отраслевых регламентов обеспечивает высокую продуктивность и получение качественной продукции, безопасной для здоровья населения. С учетом новейших научно-технических достижений, изменений в системах применения удобрений, химических средств защиты растений, набора выпускаемой сельскохозяйственной техники, внедрением новых перспективных сортов, изменений показателей почвенного плодородия и природно-климатических условий нашей республики отраслевые регламенты необходимо пересматривать не реже 1 раза в 5 лет. Данная периодичность пересмотра регламентов установлена Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Например, сборник отраслевых регламентов «Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» претерпел третье издание в 2014 г. [1].

Начался отсчет четвертому десятку лет после катастрофы на Чернобыльской АЭС как в Республике Беларусь сельскохозяйственное производство ведется на площади 941 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью от 1 до 40 Ки/км². Кроме того, на площади 322 тыс. га сельскохозяйственные земли одновременно загрязнены ^{90}Sr с плотностью более 0,15 Ки/км². На данной территории с течением времени происходит не сокращение, а, наоборот, наращивание производства как растениеводческой, так и животноводческой продукции. Следовательно, на загрязненных радионуклидами землях растениеводство должно осуществляться с обязательным соблюдением требований технологических регламентов возделывания культур, учитывающих специфику и особенности радиоактивного загряз-

нения сельскохозяйственных земель. Вместе с тем, применяемые отраслевые регламенты, разработанные к применению на всей территории республики, не учитывают специфику ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами землях.

В связи с этим назрела необходимость в разработке дополнений, к утвержденным отраслевым регламентам возделывания основных сельскохозяйственных культур, для территорий радиоактивного загрязнения.

Цель работы заключалась в разработке дополнений к отраслевым регламентам возделывания зерновых и зернобобовых культур на пахотных землях с учетом особенностей их загрязнения радионуклидами на основе подготовленных рекомендаций научными учреждениями Республики Беларусь в период за 2000–2015 гг. [3–9].

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследований являлись отраслевые регламенты, рекомендации по совершенствованию технологий возделывания сельскохозяйственных культур на территории радиоактивного загрязнения, нормативные документы, санитарно-гигиенические нормативы содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, сырье и кормах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с требованиями закона Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» ведение сельскохозяйственного производства разрешено при плотности загрязнения почв ^{137}Cs до 1480 кБк/м² (40 Ки/км²) и ^{90}Sr – до 111 кБк/м² (3 Ки/км²).

Другими документами, регламентирующими ведение сельскохозяйственной деятельности на загрязненной в результате чернобыльской катастрофы территории, являются: республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99); республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах; допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в кормах, кормовых добавках и сырье для производства комбикормов [4–11].

В последнем выпуске технологических регламентов «Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» приводятся технологические процессы при возделывании озимой ржи, озимой пшеницы, яровой пшеницы, озимой тритикале, ячменя, овса, проса, гороха на зерно, люпина узколистного на зерно, кукурузы на семена [1]. В регламентах содержатся нормативы и требования к таким технологическим операциям как требования к почвам; предшественники; обработка почвы; внесение удобрений; дозы и сроки; подготовка семян к посеву; выбор сорта; посев; уход за посевами; борьба с сорняками; борьба с вредителями и болезнями; уборка; послеуборочная доработка зерна; хранение; семеноводство; экономическая эффективность возделывания культуры.

При разработке дополнений, учитывающих специфику радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель, по данным культурам и технологическим операциям были проанализированы результаты научно-исследовательских работ по системам обработки почвы, применения удобрений и химических средств защиты, а также санитарно-гигиеническим нормативам на содержание радионуклидов в продукции на продовольственные цели, сырье и корма. Изучено и проанализировано более 50 рекомендаций по совершенствованию технологий возделывания сельскохозяйственных культур на территории радиоактивного загрязнения, подготовленных сотрудниками РНИУП «Институт радиологии» и его филиалов, а также РУП «Институт почвоведения и агрохимии, РУП «Институт мелиорации», НПЦ по земледелию НАН Беларуси, НПЦ по животноводству НАН Беларуси, УО «БГСХА». К их числу относятся «Рекомендации по использованию районированных сортов зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий»; «Методические указания по производству зерна на продовольственные цели в соответствии с РДУ по содержанию ^{90}Sr »; «Рекомендации по возделыванию озимого тритикале в пределах РДУ на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr »; «Рекомендации по возделыванию кукурузы на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr »; «Рекомендации по обеспечению кормовой базы животноводства переваримым протеином на основе использования гороха и люпина в условиях радиоактивного загрязнения» и др.

Обобщение информационных данных по системам применения удобрений при возделывании озимых, яровых зерновых и зернобобовых культур на дерново-подзолистых почвах показало, что имеются свои особенности применения на загрязненных радионуклидами землях, как органических удобрений, так известковых и минеральных удобрений.

Мероприятия по защите растений от вредителей, болезней и сорняков на землях с уровнями радиоактивного загрязнения менее 555 КБк/м^2 (15 Ки/км^2) по ^{137}Cs строятся на основе ассортимента средств защиты и регламентов их применения, изложенных в Государственном реестре средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь от 2014 года. С целью сокращения времени пребывания работников в условиях повышенного радиационного фона и уменьшения пылепереноса, среди требований применения средств защиты, предусматривается максимально возможное совмещение технологических операций.

На основании изучения и анализа научных разработок были подготовлены материалы для включения в дополнения к отраслевым регламентам по параметрам перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из дерново-подзолистых супесчаных, песчаных и суглинистых в растениеводческую продукцию. Установлены ограничения для возделывания сельскохозяйственных культур по плотности загрязнения почв радионуклидами для получения нормативно чистого зерна, приведены данные по сортам зерновых культур. Осуществлен анализ экономической эффективности возделывания озимых, яровых зерновых и зернобобовых культур на территории радиоактивного загрязнения в интервалах $1,0\text{--}4,9 \text{ Ки/км}^2$, $5,0\text{--}14,9 \text{ Ки/км}^2$ и $15,0\text{--}40,0 \text{ Ки/км}^2$.

Итогом всей проделанной работы явились дополнения в сборник отраслевых регламентов «Организационно-технологические нормативы возделывания зерно-

вых, зернобобовых, крупяных культур» для сельскохозяйственных предприятий, ведущих деятельность в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель. Дополнения включают материалы в:

1. Отраслевой регламент обработка почвы;
2. Отраслевой регламент возделывание озимой ржи;
3. Отраслевой регламент возделывание озимой пшеницы;
4. Отраслевой регламент возделывание яровой пшеницы;
5. Отраслевой регламент возделывание озимой тритикале;
6. Отраслевой регламент возделывание ячменя;
7. Отраслевой регламент возделывание овса;
8. Отраслевой регламент возделывание проса;
9. Отраслевой регламент возделывание кукурузы;
10. Отраслевой регламент возделывание гороха;
11. Отраслевой регламент возделывание люпина.

Для наглядной демонстрации подготовленных материалов на примере дополнений в отраслевой регламент возделывания озимой тритикале покажем, что они включают в разрезе культуры.

Требования к почвам. В соответствии с законодательством Республики Беларусь ведение сельскохозяйственного производства разрешено на землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs до 40 Ки/км², ^{90}Sr до 3 Ки/км².

При возделывании озимой тритикале на загрязненных радионуклидами территориях для получения нормативно чистой продукции необходимо учитывать плотность загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr . Для производства нормативно чистого по содержанию ^{137}Cs зерна озимой тритикале, пригодного для переработки на пищевые цели, посеvy культуры следует размещать на участках с плотностью загрязнения данным радионуклидом не выше значений, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Предельно допустимые плотности загрязнения (Ки/км²) дерново-подзолистых почв ^{137}Cs для получения зерна озимой тритикале для переработки на пищевые цели в зависимости от обеспеченности почв подвижными формами K_2O

Почва	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	менее 80	81–140	141–200	201–300	более 300
Песчаные	–	<40	<40	<40	<40
Супесчаная	<40	<40	<40	<40	<40
Суглинистая	–	<40	<40	<40	<40

Таблица 2

Предельно допустимые плотности загрязнения (Ки/км²) дерново-подзолистых почв ^{90}Sr для получения зерна озимой тритикале на продовольственные цели в зависимости от величины обменной кислотности $\text{pH}_{(\text{КС})}$ почв

Почва	Уровень кислотности почвы, $\text{pH}_{(\text{КС})}$					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
Песчаные	–	–3,0	0,25	0,27	0,30	0,41
Супесчаная	–	0,23	0,26	0,33	0,40	0,51
Суглинистая	–	–	0,30	0,35	0,44	0,57

Таблица 3

Предельно допустимые плотности загрязнения (Ки/км²) дерново-подзолистых почв ⁹⁰Sr для получения зерна озимой тритикале на фуражные цели в зависимости от величины обменной кислотности pH_(KCl) почв

Почва	Уровень кислотности почвы, pH _(KCl)					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
Песчаные	–	–	2,25	2,46	2,70	<3,0
Супесчаная	–	2,05	2,35	2,97	<3,0	<3,0
Суглинистая	–	–	2,70	<3,0	<3,0	<3,0

Примечание. Предельные плотности загрязнения почв ⁹⁰Sr представлены из расчета производства молока цельного.

Обработка почвы. Система обработки почвы изложена в отраслевом регламенте «Обработка почвы. Типовые технологические процессы».

Внесение удобрений. Органические удобрения на загрязненных радионуклидами землях под озимую тритикале вносятся в дозе 20–30 т/га. На территории радиоактивного загрязнения дозы минеральных удобрений рассчитывают с учетом плотности загрязнения ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Потребность в фосфорных и калийных удобрениях на загрязненных радионуклидами землях в зависимости от плотности загрязнения и содержания элементов в почве представлены в табл. 4, 5.

Таблица 4

Потребность в фосфорных удобрениях под озимую тритикале на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах

Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
	35–40	41–50	51–60	61–70	71–80
<i>С плотностью загрязнения цезием-137 – 1,0–4,9 Ки/км²; стронцием-90 – 0,15–0,29 Ки/км²</i>					
Менее 100	85–105	–	–	–	–
101–150	70–80	–	–	–	–
151–200	45–65	65–75	–	–	–
201–300	35–45	45–55	55–65	65–80	80–95
Более 301	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40
<i>С плотностью загрязнения цезием-137 – 5,0–14,9 Ки/км²; стронцием-90 – 0,30–0,99 Ки/км²</i>					
Менее 100	100–120	–	–	–	–
101–150	80–90	–	–	–	–
151–200	50–70	70–80	–	–	–
201–300	35–40	50–60	60–70	70–85	85–100
Более 301	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40
<i>С плотностью загрязнения цезием-137 – 15,0–40,0 Ки/км²; стронцием-90 – 1,0–3,0 Ки/км²</i>					
Менее 100	115–135	–	–	–	–
101–150	90–100	–	–	–	–
151–200	55–75	75–85	–	–	–
201–300	40–50	55–65	65–75	75–90	90–110
Более 301	15–20	20–25	25–30	30–35	35–40

Таблица 5

Потребность в калийных удобрениях под озимую тритикале на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах

Содержание K_2O , мг/кг почвы	Планируемая урожайность (зерно), ц/га				
	35–40	41–50	51–60	61–70	71–80
<i>С плотностью загрязнения цезием-137 – 1,0–4,9 Ки/км²; стронцием-90 – 0,15–0,29 Ки/км²</i>					
Менее 80	130–150	–	–	–	–
81–140	90–110	–	–	–	–
141–200	70–90	90–110	–	–	–
201–300	55–65	65–85	85–105	105–125	125–145
Более 301	30–35	35–40	40–45	45–50	50–60
<i>С плотностью загрязнения цезием-137 – 5,0–14,9 Ки/км²; стронцием-90 – 0,30–0,99 Ки/км²</i>					
Менее 80	180–200	–	–	–	–
81–140	120–140	–	–	–	–
141–200	90–110	110–130	–	–	–
201–300	70–80	80–110	110–120	120–140	140–160
Более 301	30–35	35–40	40–45	45–50	50–60
<i>С плотностью загрязнения цезием-137 – 15,0–40,0 Ки/км²; стронцием-90 – 1,0–3,0 Ки/км²</i>					
Менее 80	230–250	–	–	–	–
81–140	150–170	–	–	–	–
141–200	110–130	130–150	–	–	–
201–300	85–95	95–115	115–135	135–155	155–175
Более 301	30–35	35–40	40–45	45–50	50–60

Максимальные дозы внесения азотных удобрений на загрязненных радионуклидами землях составляют 120 кг/га д.в.

Внесение микроудобрений под озимую тритикале на загрязненных радионуклидами землях представлено в табл. 6.

Таблица 6

Дозы и сроки некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроэлементами

Культура	Микроэлементы	Доза, г/га	Микроудобрения	Доза, г/га	Сроки применения
Озимая тритикале	Медь	50–125	Сульфат меди	200–500	Начало выхода в трубку
	Марганец	50–75	Сульфат марганца	220–330	

Хранение. Зерно озимой тритикале, пригодное по содержанию радионуклидов на продовольственные и фуражные цели (на молоко цельное и молоко-сырье), хранится отдельно.

ВЫВОДЫ

Внедрение дополнений к отраслевому регламенту «Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» на территории радиоактивного загрязнения позволит до 20 % снизить производственные затраты, получать гарантированную продуктивность и урожайность, обеспечить производство зерна как на продовольственные, так и на фуражные цели с минимальным содержанием радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr не выше показателей РДУ Республики Беларусь, а также в соответствии с требованиями технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»; ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»). Для наиболее полного охвата возделываемых культур на загрязненных землях в настоящее время продолжается работа по подготовке дополнений в сборник отраслевых регламентов «Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]. – 3-е изд. – Минск: Беларуская навука, 2014. – 288 с.
2. Отраслевой регламент возделывания кукурузы на силос и зерно. Типовые технологические процессы. – Минск: БелНИИАЭ, 2000. – 27 с.
3. Рекомендации по возделыванию кукурузы на дерново-подзолистых супесчаных почвах в условиях радиоактивного загрязнения / Под ред. И.М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – 40 с.
4. Рекомендации по возделыванию озимого тритикале в пределах РДУ на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. И.М. Богдевича. – Минск: Беларус. науч. ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2008. – 40 с.
5. Прогноз содержания ^{90}Sr в основных полевых культурах (рекомендации) / Ин-т радиологии; редкол.: В.Ю. Агеец [и др.]. – Гомель, 2002. – 21 с.
6. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы / Ин-т радиологии, Ин-т почвоведения и агрохимии, М-во сельского хозяйства и продовольствия; редкол.: Н.Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2012. – 124 с.
7. Методические указания по производству зерна на продовольственные цели в соответствии с республиканскими доступными уровнями содержания стронция-90. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; редкол. И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2004. – 46 с.
8. Рекомендации по использованию районированных сортов зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий. – Гомель, 2007. – 29 с.
9. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» (Утвержден решением комиссии Таможенного союза от 09 декабря 2011 г. № 874).
10. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (Утвержден решением комиссии Таможенного союза от 09 декабря 2011 г. № 880).

**CONCERNING THE ISSUE OF FORMULATING AMENDMENTS
TO THE INDUSTRY PROCEDURE REGULATING CULTIVATION
OF GRAIN AND GRAIN-LEGUMINOUS CROPS
ON RADIOACTIVELY CONTAMINATED LANDS**

A.G. Podolyak, A.F. Karpenko

Summary

The article examines the results of the study on formulating amendments to the industry procedure «Organizational and Technological Standards for Cultivation of Grain, Grain-leguminous, Cereal crops» for the areas of radioactive contamination of Belarus.

The study establishes that adoption of newly developed amendments will provide 20 % reduction of operating expenditures and forage and grain production with the lowest concentrations of radionuclides (^{137}Cs and ^{90}Sr to be within the limits of the RPL of the Republic of Belarus and in compliance with the requirements of the TP TC 021/2011 Customs Union Technical Regulation on Food Safety and TP TC 015/2011 Customs Union Technical Regulation on Safety of Grain).

Поступила 28.07.17

РЕФЕРАТЫ

УДК 631.47

Лапа В.В., Шибут Л.И., Азаренок Т.Н. О результатах второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2 – С. 7–13.

В статье кратко изложена методика второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель Беларуси, приведены основные показатели этой оценки по областям и республике (общий балл кадастровой оценки, балл плодородия почв, нормативный чистый доход, дифференциальный доход, кадастровая стоимость), проведена группировка районов по баллу плодородия почв, установлена корреляционная зависимость балла плодородия почв и урожайности зерновых и зернобобовых культур по административным районам.

Табл. 4. Библиогр. 4.

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.4

Шульгина С.В., Азаренок Т.Н., Матыченков Д.В., Матыченкова О.В., Шибут Л.И., Дыдышко С.В. Экологическая оценка трансформации состава и свойств дерново-палево-подзолистых почв под влиянием антропогенного фактора // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2 (59). – С. 14–25.

Выполнена экологическая оценка эволюции дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв под влиянием антропогенного фактора на основе использования расчетных величин отклонений отдельных критериев генетических свойств почв пахотных земель от исходного (естественного) состояния. Согласно построенной шкале, позволяющей дифференцировать изменения почвенных критериев по условной степени проявления, установлена сильная степень трансформации свойств разновременных окультуренных вариантов исследуемых почв, которая в современных разновидностях характеризуется благоприятным характером для земледелия.

Табл. 4. Библиогр. 16.

УДК 528:631.47

Курьянович М.Ф., Черныш А.Ф., Шалькевич Ф.Е. Методические подходы к составлению и обновлению почвенных карт с использованием материалов дистанционных съемок // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2 (59). – С. 26–34.

Изложены методические подходы к выбору материалов дистанционных съемок, их дешифрированию и генерализации почвенных контуров при составлении и обновлении почвенных карт.

Табл.1. Рис. Библиогр. 9

УДК 631.58

Плиско И.В. Оценка зональных и региональных особенностей неоднородности почвенного покрова Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 34–43.

На основе исследований пространственной неоднородности почвенного покрова Украины (на примере шести полей разных природно-климатических зон с использованием геостатистической методологии) обоснован переход от зональных к пространственно-дифференцированным системам земледелия. На основании количественных оценок неоднородности определены способы рационального учета неоднородности (парцелляция полей, ограниченное применение зональных (адаптированных) технологий, выравнивания уровня плодородия отдельных частей поля и др.). Выявленная в ходе исследований неоднородность большинства индикаторов свидетельствует об определенных перспективах внедрения пространственно-дифференцированной системы земледелия, которая подразумевает дифференцированное внесение удобрений, средств защиты растений, химических мелиорантов и проведение механической обработки почвы на всех исследованных объектах.

Табл. Рис. 2. Библиогр. 20.

УДК 631.421

Бындыч Т.Ю. Основные аспекты анализа результатов цифрового картографирования почв по данным космической съемки // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 43–57.

Обобщены основные аспекты анализа цифровых почвенных карт созданных путем дешифрирования данных космической съемки. Многоспектральные данные спутника Landsat 8 использованы для картографирования и параметрического описания черноземных почв в Лесостепи Украины: 1) для выделения почвенных контуров и оценивания их пространственной структуры; 2) количественной оценки основных свойств черноземов с использованием геостатистических методов и методов обработки многомерных данных. Сопоставление полевого описания почвенных профилей и классов почв продемонстрировало эффективность кластерного анализа ISODATA для определения различных элементов почвенного покрова на местном территориальном уровне. Карты содержания гумуса, созданные по методу эмпирического байесовского кригинга, позволили параметризовать чернозем и провести детальный анализ скалярного поля содержания гумуса.

Табл. Рис. 5. Библиогр. 28.

УДК 631.416.4

Христенко А.А., Ревтьев-Уварова А.В., Голота Ю.А. Динамика калийного содержания чернозема типичного в условиях его экстенсивного, интенсивного и постинтенсивного использования // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 58–65.

Установлено влияние типа использования пахотных почв на динамику содержания подвижных форм калия. Экстенсивно используемый чернозем типичный тяжелосуглинистый за счет валового калия способен в течение неопределенно длительного времени поддерживать устойчивый, но относительно невысокий уровень содержания подвижного калия. Доказано, что повышение содержания подвижного калия в почве возможно лишь при внесении калийных или калийсодержащих удобрений. Для увеличения содержания на 10 мг/кг K_2O необходимо внести в почву с удобрениями 417 кг K_2O /га. После прекращения внесения калийных удобрений содержание калия в почве снижается до исходного уровня. Для чернозема типичного тяжелосуглинистого уровень динамического равновесия калийной системы характеризуется содержанием подвижных форм калия в пределах 60 мг K_2O /кг почвы, определенным по методу Чирикова согласно ДСТУ 4115 или 80 мг по ГОСТ 26204.

Табл. 4. Рис. Библиогр. 8.

УДК 631.473

Прохорова И.А. Прикладные аспекты создания отраслевого стандартного образца состава (агрохимических показателей) чернозема типичного // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 66–76.

Приведен анализ современного состояния вопросов разработки стандартного образца. На основе анализа литературы и опыта разработки отдельных типов стандартных образцов сформулированы конкретные методы разработки. Наиболее распространенным способом оценки однородности материала СО в настоящее время является применение дисперсионного анализа для выделения компонентов дисперсии, связанной с погрешностью неоднородности СО. Способ позволяет оценивать характеристики погрешности неоднородности в одной лаборатории. Как показывают теоретические исследования и практический опыт, нормальное распределение экспериментальных данных реализуется на практике довольно редко, хотя при расчетах используется повсеместно. Приведен сравнительный анализ различных способов оценки метрологических характеристик СО по результатам межлабораторных анализов. В отличие от многих других подобных исследований в работе используется не теоретические, а эмпирические распределения, полученные по результатам межлабораторных анализов. Предложен способ установления срока действия СО по результатам экспериментальных исследований, основанный на интервальном оценивании скорости изменения аттестуемой характеристики.

Табл.6. Библиогр. 6.

УДК.631.445.4

Мамедов Г.М. Влияние разных систем удобрения на агрегатный состав аллювиальных лугово-лесных и лугово-коричневых почв сухих субтропиков Азербайджана // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – №2(59). – С. 76–87.

В статье приведены результаты исследований изменения структурно-агрегатного состава аллювиальных лугово-лесных почв под овощными культурами (томат) и орошаемых лугово-коричневых почв под плодовыми культурами в зависимости

от системы удобрения. Применение органической системы удобрения (навоз КРС) улучшает структурное состояние исследуемых почв в наибольшей степени – содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое увеличилось на 17,6 % и на 8,7 % в подпахотном по сравнению с контролем, при этом значения коэффициента структурности повысились в 1,3 раза и составило 2,5 и 2,1 соответственно.

Использование органо-минеральной системы удобрения (навоз + азот, фосфор и калий) положительно влияло на структурное состояние аллювиальных лугово-лесных почв под овощными культурами. В варианте 20 т/га навоза + $N_{60}P_{90}K_{120}$ агрегатный состав также улучшился – повысилось содержание агрономически ценных агрегатов по сравнению с контролем на 14,1 и 9,8 % соответственно в пахотном и подпахотном слоях почвы, а $K_{ст}$ – на 0,9 и 0,8 %.

На орошаемых лугово-коричневых почвах под плодовыми культурами получены аналогичные результаты.

Табл. 7. Библиогр. 27.

2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 633.1:631.559:631.82:631.446.24(476.6)

Леонов Ф.Н., Синевич Т.Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота в зависимости от содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 88–94.

В полевых опытах установлены оптимальные дозы удобрений для возделывания ячменя, ярового рапса и овса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с различной обеспеченностью подвижными формами фосфора. Определено содержание сырого протеина в полученной растениеводческой продукции, а также рассчитан относительный вынос питательных элементов урожаем изучаемых культур.

Табл. 3. Библиогр. 6

УДК 631.82:633.633.11:631.445.2

Цыбулько Н.Н., Пунченко С.С., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Жукова И.И. Потребление растениями азота и его баланс на дерново-подзолистых почвах разной эродированности при возделывании озимой пшеницы // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 95–106.

Потребление основной части азота растениями озимой пшеницы происходит в период от всходов до фазы колошения. Вынос его с надземной биомассой на средне- и сильноэродированной почве ниже по сравнению с неэродированной почвой в среднем на 20 и 30 %, соответственно. В выносе азота урожаем основной и побочной продукции азот удобрений занимает от 22 до 28 %, почвенный азот – от 72 до 78 %. С увеличением эродированности почвы возрастает роль азота удобрений в питании растений и формировании урожая.

На средне- и сильноэродированной почве доля его в общем выносе составляет соответственно 28 и 27 %. В общем выносе азота озимой пшеницей с зерном его потребляется от 78 до 89 %. При внесении только фосфорных и калийных удобрений отмечается высокий дефицит азота в питании озимой пшеницы – интенсивность баланса составляет 26–32 %. Применение азотных удобрений способствует, особенно на эродированных почвах, значительному снижению дефицита элемента.

Табл. 5. Рис. 2. Библиогр. 15.

УДК 631.89:631.811.98:[633.11³²⁴+633.162+635.21]

Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И., Ионас Е.Л., Чуйко С.Р. Эффективность применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста при возделывании озимой пшеницы, пивоваренного ячменя и картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 106–119.

Применение комплексных удобрений с микроэлементами в основное удобрение по сравнению с внесением стандартных в эквивалентных дозах увеличивало урожайность зерна озимой пшеницы на 4,9 ц/га, пивоваренного ячменя – на 7,0 ц/га, клубней картофеля сорта Манifest – на 8,9 т/га, сорта Вектар – на 6,3 т/га. Некорневая подкормка МикроСтим-Медь Л повышала урожайность зерна по сравнению с фоновым вариантом ($N_{20}P_{64}K_{140}+N_{70+40+40}$) озимой пшеницы на 10,2 ц/га, пивоваренного ячменя на фоне $N_{60}P_{70}K_{90}+N_{30}$ – на 7,7 ц/га, а МикроСтим-Бор,Медь на фоне $N_{120}P_{70}K_{130}$ – урожайность клубней картофеля сорта Манifest – на 3,5 т/га, сорта Вектар – на 4,0 т/га.

Табл. 4. Библиогр. 14.

УДК 633.16:631.811:631.445.24

Барбасов Н.В., Вильдфлуш И.Р. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на продукционный процесс посевов и урожайность ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 119–130.

Применение МикроСтим-Медь Л, ЭлеГум-Медь и Адоб Медь на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ обеспечивало прибавку урожайности зерна ячменя на 6,9, 9,0 и 6,0 ц/га соответственно, а комплексных удобрений Нитривант Плюс и Кристлон на этом же фоне – на 4,3 и 5,6 ц/га. Максимальная урожайность зерна ячменя (70,0 ц/га) в 2015–2017 гг. получена в варианте с обработкой посевов ячменя МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}+N_{40\text{карб}}$.

Табл. 5. Библиогр. 9.

УДК 631.82:633.13:631.445.2

Кирдун Т.М., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Влияние заправки соломы предшественника и доз минеральных удобрений на урожайность овса голозерного на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 130–139.

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 овса на уровне полных доз минеральных удобрений при снижении затрат на удобрения на 15 USD/га, или 16 %. Внесение компенсирующей дозы азота по соломе гречихи в виде карбамида обеспечило прибавку урожайности зерна овса на 3,1 ц/га при весеннем и 2,5 ц/га при осеннем внесении. Наиболее высокая урожайность зерна (21,4–25,1 ц/га) сформирована в вариантах с органо-минеральной системой удобрения.

Табл. 4. Библиогр. 14.

УДК 631.8.022.3:633.853.494:631.445.2

Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Сороко В.И., Исаева О.И., Гарбузова Т.В., Пиларж М., Балек П. Сравнительная эффективность применения разных форм азотных удобрений при возделывании озимого рапса на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в Республике Беларусь // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 139–150.

В статье приведены экспериментальные данные об агрохимической эффективности разных форм азотных удобрений – карбамида стандартного и медленнodelействующих форм (карбамида с регулятором роста растений Гидрогумат и UREA^{stabil}) при возделывании рапса озимого на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в центральной части Республики Беларусь в период с 2013 по 2016 г. Показано влияние данных удобрений на урожайность основной и побочной продукции, показатели качества семян, хозяйственный и удельный вынос элементов питания в полевых и производственных опытах.

Табл. 5. Рис. 2. Библиогр. 12.

УДК 633.12:631.47

Серая Т.М., Белявская Ю.А., Богатырева Е.Н., Кирдун Т.М., Торчило М.М., Артиховская В.С., Вага И.И. Эффективность возделывания гречихи при различных системах земледелия // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 151–160.

На высококультурной дерново-подзолистой суглинистой почве установлено, что при органической системе земледелия выращивание гречихи на фоне заправки зеленой массы озимой ржи обеспечило урожайность зерна на уровне 24,6 ц/га. Достоверная прибавка к фону (2,6 ц/га) получена только на фоне последнего подстилочного навоза КРС в дозе 40 т/га при урожайности зерна 27,2 ц/га и наименьших потерях денежной выручки (82,7 USD/га) в сравнении с традиционной технологией возделывания. Неубор урожая за счет отказа от химических средств защиты гречихи по опытным вариантам составил 2,6–10,6 ц/га.

Табл. 6. Библиогр. 9.

УДК 626.81:581.5/478

Цапко Ю.Л. , Мешреф Радван Бахаа, Огородняя А.И. , Десятник К.А. Влияние структурных мелиорантов на кислотно-основную буферность дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 160–166.

Приведены результаты исследования влияния структурной мелиорации на кислотно-основную буферность дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава (рыхлосупесчаную и связнопесчаную). Для исследования в качестве структурных мелиорантов были выбраны: глина, лёсс, торф. Мелиоранты вносили вручную двумя способами – вразброс по поверхности и локально в подпахотный слой на глубину 25–30 см. Доказано, что структурное окультуривание дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава следует рассматривать как эффективный способ улучшения их агроэкологического состояния, о чем свидетельствуют показания кислотно-основных буферных свойств почв. Установлено, что внесение лёсса в норме 3 т/га локально в дерново-подзолистую связнопесчаную почву способствует не только повышению рН в локальных зонах, что очень важно для почв с кислой реакцией среды, но и повышает кислотно-основную буферность в целом. Окультуривание дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава с помощью внесения глины, глины совместно с торфом как локально, так и вразброс, является действенным фактором улучшения их агроэкологического состояния.

Табл. 2. Библиогр. 10.

УДК 631.847.22:631.559

Михайловская Н.А., Войтка Д.В., Юзефович Е.К., Барашенко Т.Б., Погири-ницкая Т.В., Дюсова С.В. Влияние микробной композиции и ее компонентов на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 166–176.

В лабораторных и полевых условиях установлено стимулирующее действие монокультур *Azospirillum brasilense*, *Bacillus circulans* и *Trichoderma longibrachiatum* и трехкомпонентной микробной композиции на ростовые процессы инокулированных растений. В полевом опыте на эродированных дерново-подзолистых почвах на лессовидных суглинках сравнивали эффективность моно-, бинарных и трехкомпонентного инокулянтов на урожайность ярового ячменя Стратус. Наибольшие прибавки зерна ячменя (5,2 и 4,9 ц/га при урожайности 61,4 и 57,9 ц/га) обеспечил трехкомпонентный инокулянт *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* на водоразделе и слабоэродированной почве.

Табл. 6. Рис. 2. Библиогр. 9.

УДК 633.34:631:581.1

Разуменко Ю.Л. Вклад реутилизации пластических веществ, азота и фосфора в растениях сои на черноземе типичном // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 176–184.

В статье отражены результаты изучения динамики содержания сухого вещества, азота и фосфора в отдельных органах растений сои. Определено количество веществ, которые могут реутилизироваться (повторно использоваться) из вегетативных органов при дозревании зерна. Реутилизация сухих (пластических) веществ составляла 9,9–16,1 %, соединений азота и фосфора – в среднем 66 % от максимального содержания на протяжении вегетации. Вклад реутилизированных соединений азота в формирование урожая составил 70 %, а фосфора – 66 %.

Табл. 7. Библиогр. 14.

УДК 631.816:631.452:631.582

Куц А.В., Парамонова Т.В. Эффективность использования удобрений в орошаемом овоще-кормовом севообороте Левобережной Лесостепи Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – № 2(59). – С. 184–191.

Для орошаемого овощно-кормового севооборота систематическое применение органо-минеральной системы удобрений обеспечивает стабилизацию показателей плодородия чернозема типичного малогумусного (повышение содержания гумуса в пахотном слое до 4,35 %, суммы поглощенных оснований до 31,5 мг-экв/100 г почвы). Совместное использование органических и минеральных удобрений способствует повышению урожайности зерновых культур в севообороте на 10–64 %, многолетних трав – на 1–16 %, огурца – на 17–35 %, лука репчатого – на 13–37 %, томата – на 28–44 %, капусты белокачанной – на 46–52 %, свеклы столовой – на 16–42 %. Максимальный эффект достигается при использовании 7 т/га севооборотной площади органических удобрений + $N_{60}P_{57}K_{50}$ (вразброс) и при внесении 14 т/га органических удобрений + $N_{30}P_{28}K_{25}$ (локально).

Табл. 3. Библиогр. 4.

3. ДИСКУССИИ

УДК 633.321:631.552.2

Подоляк А.Г., Карпенко А.Ф. О дополнениях к отраслевым регламентам возделывания основных сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами землях // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – №1(59). – С. 192–199.

В статье рассматриваются результаты исследований по разработке дополнений в отраслевой регламент «Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур» для территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь.

Установлено, что внедрение дополнений позволит снизить производственные затраты до 20 % и обеспечить производство кормов и зерна с минимальным содержанием радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr в пределах РДУ Республики Беларусь и в соответствии с требованиями технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»; ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»).

Табл. 6. Библиогр. 10.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Почвоведение и агрохимия» согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 4.07.2005 № 101 включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Направляемые статьи должны являться оригинальными материалами, не опубликованными ранее в других печатных изданиях.

Текст научной статьи должен быть подготовлен в соответствии с требованиями главы 5 Инструкции по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации (утверждена Постановлением ВАК Республики Беларусь от 07.10.2016 № 236) 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.