ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1961 г.

№ 2(53)
Июль – декабрь 2014 г.

Минск
2014

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

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

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

Главный редактор *В.В. ЛАПА*

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

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

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

2(53)
Июль – декабрь 2014 г.

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н. Применение удобрений и баланс азота, фосфора и калия в почвах пахотных земель Беларуси ……..... 3

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Касьяненко И.И. Современное состояние агрофизических свойств почв Белорусского Поозерья …..... 19

Лапа В.В., Михайловская Н.А., Барашенко Т.Б., Погирницкая Т.В., Дюсова С.В. Биохимические и микробиологические показатели для оценки влияния антропогенной нагрузки на плодородие почв .....… 28

Северцев В.В., Цытрон Г.С., Матыченков Д.В. К вопросу информационного обеспечения рационального использования почвенных ресурсов Солигорского района …..... 42

Крылач С.И. Влияние агрофизических параметров пахотного слоя почвы на рост и развитие сельскохозяйственных культур ……..... 51

Соколов Г.А. Изменение морфологических и водно-физических свойств песчаных пустынных почв под воздействием мелиорантов ……..... 59

Булавин Л.А., Булавина Т.М., Небышинец С.С., Симченков Д.Г., Сущевич И.А., Бобрик И.Е., Леонов Ф.Н. Эффективность применения разичных способов обработки почвы при возделывании озимого тритикале ……..... 70

Гапонюк А.Н., Сорока А.В. Изменение производительной способности и физических свойств дефляционноопасных почв Белорусского Полесья при возделывании однолетних засухоустойчивых трав ……..... 78

Волович П.И., Усанова Е.Н., Касьянчик С.А. Состояние защитных лесных насаждений на эродированных и эрозионноопасных почвах Беларуси …..... 86

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Кирдун Т.М., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Усовершенствованная система удобрения подсолнечника при возделывании по кукурузной соломе на дерново-подзолистой супесчаной почве ……..... 95

Христенко А.А., Нешта А.П. Проблемы совершенствования диагностики фосфатного состояния почв 103

Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Белявская Ю.А., Кирдун Т.М., Бирюкова О.М., Торчило М.М., Волчкевич И.Г., Жукова М.И. Сравнительная эффективность возделывания овса в традиционной и органической системе земледелия на дерново-подзолистой суглинистой почве ……..... 111

Булавина Т.М. Эффективность применения азотных удобрений и микроэлементов при возделывании ярового тритикале ……..... 118

Цыбулько Н.Н., Зайцев А.А., Шашко А.В. Эффективность азотных и калийных удобрений на антропогенно-преобразованной торфяной почве при возделывании многолетних бобово-злаковых трав ……..... 124

Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Сафроновская Г.М., Сороко В.И., Исаева О.И., Малицкая А.А., Бобовкина В.В., Шиманский Л.П. Влияние стандартных и комплексных удобрений на урожайность и структуру урожая зеленой массы подсолнечника на дерново-подзолистой связносупесчаной почве ……..... 131

Сороко В.И., Пироговская Г.В. Влияние систем удобрения на накопление элементов питания кормовыми и пожнивными остатками многолетних травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве 143

Рак М.В., Титова С.А., Николаева Т.Г, Муковозчик В.А., Гук Л.Н., Савицкая В.А. Эффективность применения новых хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании люпина узколистного и озимой пшеницы …... 151

Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И., Глатанкова И.В. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата Ризобактерин на урожайность и качество пивоваренного ячменя ……..... 161

Вильдфлуш И.Р., Мурзова О.В. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса ……..... 171

Пехота А.П. Поступление элементов питания с соломой зерновых и зернобобовых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву в зависимости от системы удобрения ……..... 179

Цигичко А.А., Маклюк Е.И. Влияние активных культур бацилл на формирование растений озимой ржи и кукурузы на первых этапах онтогенеза …..... 186

Повх О.В. Влияние органического удобрения и микробного препарата на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы ……..... 192

Хмелевский С.С. Приемы продления функционирования зеленых насаждений в городе (аналитический обзор) …..... 200

3. ЮБИЛЕИ

Лісіца У., Сяргеенка У., Бубнова Т. Надзея Аляксееўна Матусевіч (да 80-годзя са дня нараджэння) ……..... 208

Рефераты 210
Правила для авторов ……..... 218

CONTENTS

Lapa V.V., Ivakhnenko N.N. Fertilisation and nitrogen, phosphorus and potassium balance in arable soils of Belarus ……..... 3

1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Chernysh A.F., Ustinova A.M., Tsyrybko V.B., Kas,yanenko I.I. Current state of agro physical properties of Belarusian Poozer,e soil ……..... 19

Lapa V.V., Mikhailovskaya N.A., Barashenko T.B., Pogirnitskaya T.V., Dyusova S.V. Biochemical and microbiological indicators for assessment of antropogenic factor's effect on soil fertility …..... 28

Severtsov V.V., Tsytron G.S., Matychenkov D.V. On the issue of the information support for the rational use of soil resources of Soligorsk region 42

Krylach S.I. Effect of agrophysical parameters of arable layer on the growth and development of agricultural crops ……..... 51

Sokolov G.A. Morphological and water-physical properties of sandy desert soil changes under the effect of organicsoil conditioners ……..... 59

Bulavin L.A., Bulavina T.M., Nebyshinets S.S., Simchenkov D.G., Sushchevich I.A., Bobrik I.E., Leonov F.N. Dependance of winter triticale yield on soil cultivation techniques …..... 70

Hapaniuk A.N., Saroka A.V. Changing of the productive capacity and physical properties of Belarusian Polesye soils in the cultivation of annual drought-resistant grasses …..... 78

Volovich P.I., Usanova E.N., Kas'yanchik S.A. Condition of protective forest plantations on eroded and erosion dangerous soils of Belarus ……..... 86

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Seraya T.M., Bogatyrova E.N., Kirdun T.M., Biryukova O.M., Belyavskaya Yu.A., Torchilo M.M. Improved fertilizer system sunflower when cultivating with corn straw ploughing on sod-podzolic sandy loam soil ……..... 95

Khristenko A.A., Neshta A.P. Problems of improving diagnosis of soil phosphate state …..... 103

Seraya T.M., Bogatyrova E.N., Belyavskaya Yu.A., Kirdun T.V., Biryukova O.M., Torchilo M.M., Volchkevich I.G., Zhukova M.I. Comparative efficiency of oats cultivation in conventional and organic farming system on sod-podzolic loamy soil ……..... 111

Bulavina T.M. Efficiency of nitrogen fertilizer and microelement use in spring triticale cultivation 118

Tsybulko N.N., Zaitsev A.A., Shashko A.V. Efficiency of nitrogen and potash fertilizers in anthropogenically transformed peat soils in cultivation perennial legume-cereal grasses 124

Pirogovskaya G.V., Khmelevsky S.S., Safronovskaya G.M., Soroko V.I., Isaeva A.I., Garbuzova T.V., Malitskaya A.A., Bobovkina V.V., Shimansky L.P. Influence of standard and complex fertilizers on produc-tivity and yield structure of green weight unflower on sod-podsolic and coherent sandy loam soil 131

Soroko V.I., Pirogovskaya G.V. Impact of fertilizers systems on the root and stubble remains accumulation of the perenniale grasses on podzoluvisoil loamy sand soil 143

Rak M.V., Titova S.A., Nikolayeva T.G., Mukovozchyk V.A., Guk L.N., Savitskaya V.A. The effectiveness of new chelated micronutrient MikroStim in cultivation blue lupine and winter wheat 151

Vildflush I.R., Mishura O.I., Glatankova I.V. Influence of macro- and micro-elements, growth regulators and bacterial preparation Rizobakterin on yield and guality of malting barley grain 161

Vildflush I.R., Murzova O.V. Efficiency of microfertilizers and growth regulators in the oats cultivation 171

Pekhota A.P. Nutrients introduction with the straw of cereals and legumes in sod-podzolic sandy loam soil depending on the fertilization system 179

Tsygichko G.O., Makluk O.I. Influence of active cultures of bacilli on the forma-tion of the winter rye and maize in the early stages of ontogenesis 186

Povkh O.V. Influence of organic and microbial preparation on agrochemical roperties of sod-podzolic sandy loam soil 192

Khmelevsky S.S. Receptions of prolongation of functioning of green plantings in city (the literary review) 200

OUR JUBILEES

Lisitsa V., Sergeenka V., Bubnova T. Nadezhda Alekseevna Matusevich (to the 80-th birtay) 208

Summaries 210
Rules for autors 218

УДК 631.82:631.472.71

ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И БАЛАНС АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ПОЧВАХ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

В системе мероприятий, способствующих повышению плодородия почв и их продуктивности, наиболее важными являются применение органических и минеральных удобрений, известкование. За последние 30 лет на долю минеральных удобрений совместно со средствами защиты растений приходится две трети прироста урожая сельскохозяйственных культур.

В связи с сокращением объемов применения средств химизации были пересмотрены стратегия и концептуальные положения по использованию удобрений. Если раньше применение удобрений планировалось на основе концепции расширенного воспроизводства плодородия почв, то в настоящее время основной задачей является сохранение достигнутого уровня агрохимических показателей и их повышение только на землях с низкими запасами элементов питания. В какой-то мере такая система способствует и выравниванию агрохимической пестроты между полями. Рациональное использование удобрений сегодня является одним из важных факторов оздоровления и стабилизации экономического состояния хозяйств. Несмотря на высокую стоимость минеральных удобрений, их применение высоко рентабельно.

Применение минеральных удобрений в условиях хозяйств дает высокий агрономический и экономический эффект. Он особенно возрастает при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям. Интенсивные технологии с агрономической стороны предусматривают: использование высококачественного семенного материала и сортов с высокой продуктивностью; выбор предшественника; внесение минеральных удобрений со сбалансированным соотношением в них элементов питания; интегрированную защиту растений; механизацию процессов возделывания и уборки. Интенсивная технология в расчете на единицу площади требует как минимум на 25–50 % больше затрат по сравнению с традиционной. В условиях дефицита минеральных удобрений особую актуальность приобретают вопросы повышения их окупаемости прибавкой урожая, а также оценка эффективности в условиях производства в количественном и стоимостном выражении. Для обеспечения высокой окупаемости удобрений необходимо максимальное насыщение севооборотов бобовыми культурами, которые обеспечивают получение высококачественных кормов и обогащение почвы азотом, а также вносят значительный вклад в азотное питание последующих сельскохозяйственных культур.

Определение эффективности удобрений в условиях производства является одним из важных критериев хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий.

Потенциал продуктивности растениеводческой отрасли в значительной степени определяется характером почвенного покрова, состоянием плодородия почв и уровнем применения минеральных и органических удобрений. Именно эти два

фактора имеют решающее значение в уменьшении зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от неблагоприятных погодных условий.

В 1986–1992 г. в сельском хозяйстве республики ежегодно применялось 14,4 т/га органических и 259 кг/га д.в. минеральных удобрений (около 2 млн т д. в. в пересчете т.д. в расчете на всю площадь). Такие объемы внесения удобрений позволили практически удвоить плодородие почв и повысить продуктивность пашни до 42,8 ц к.ед./га. После 1992 г. и до 2002 г. объемы применения как минеральных, так и органических удобрений ежегодно сокращались. В результате снизился валовой сбор растениеводческой продукции. При недостаточных объемах внесения минеральных удобрений отмечается и косвенный ущерб в смежных отраслях сельскохозяйственного производства, в частности в животноводстве, связанный с недостаточным производством кормов, и, как следствие, снижением продуктивности скота.

Применение минеральных удобрений за период 2006–2010 гг. на почвах пахотных земель республики превысило самый эффективный период 1986–1990 гг. и в среднем составило 261 кг/га, что более чем на 100 кг/га (67 %) выше, чем в 2001–2005 гг. (156 кг/га). Объемы применения минеральных удобрений по областям увеличились на 77–114 кг/га (39–90 %) по сравнению с 2001–2005 гг. В четырех областях (Брестской, Гомельской, Гродненской и Минской) применяли удобрения в 2006–2010 гг. практически на одном уровне 270–276 кг/га. Максимальное количество NPK 302–307 кг/га было внесено в 2009 и 2010 годах в Брестской и Гомельской областях. В 2006–2010 гг. внесение удобрений в Витебской области увеличилось на 90 % по сравнению с 2001–2005 гг. и достигло величины 222 кг/га, однако, этот объем был минимальным по сравнению с другими областями. Если в 2001–2005 гг. разрыв между максимальным и минимальным внесением удобрений по областям составлял 80 кг/га, то в 2006–2010 гг. он уже сократился до 54 кг/га.

В период 2011–2013 гг. минеральные удобрения применяли практически на уровне 2009 и 2010 гг., а максимальное внесение NPK отмечено в 2011 г. (289–350 кг/га). При этом в Гомельской области было внесено 350 кг/га, что на 80 кг/га (30 %) больше, чем за период (2006–2010 гг.).

В среднем по республике за 2006–2010 гг. внесение азотных удобрений увеличилось на 53 % с максимальным ростом 70 и 67 % в Гомельской и Минской областях соответственно и минимальным – 20 % в Гродненской области. Однако в Гродненской области внесли максимальное количество азотных удобрений 106 кг на га пашни, а минимальное – 82 кг/га в Витебской.

За период 2006–2010 гг. внесение фосфорных удобрений во всех областях удвоилось от 20 до 44 кг/га (в 2,2 раза). Максимальное количество 49 кг/га фосфорных удобрений внесено в Гомельской и Минской областях, минимальное – 34 кг/га в Витебской. Однако в процентном отношении именно в этой области внесение фосфорных удобрений увеличилось больше всего – в 2,6 раза.

Максимальное количество азотных (100–119 кг/га), фосфорных (48–74 кг/га) и калийных удобрений (124–172 кг/га) было внесено в 2011 г. в Гомельской, Гродненской и Минской областях (табл. 1).

Внесение калийных удобрений в период (2006–2013 гг.) в Беларуси увеличилось на 40–100% и достигло уровня 111–142 кг/га. В Витебской области внесено

минимальное количество калийных удобрений 111 кг/га, однако по сравнению с 2001–2005 годами (53 кг/га) их объем удвоился. Максимальный объем калийных удобрений 142 кг/га внесен в Брестской области и 141 кг/га – в Гомельской.

Одной из проблем применения удобрений является их сбалансированность. Так, количество внесенных в 2011–2013 гг. в среднем по стране фосфорных удобрений в 2,2 и 2,8 раза меньше, чем азотных и калийных соответственно. По областям на долю азотных удобрений приходилось от 32 до 37%, фосфорных – 13–17, калийных – 46–53%. При этом в некоторых районах происходит нарушение соотношения элементов питания, при котором недостаток одного из элементов питания, чаще всего фосфора, компенсируется внесением другого элемента, в основном азота или калия.

В соответствии с Программой мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–2015 гг. для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель Беларуси потребность в органических удобрениях составляет 12,0 т/га, что в 1,3 раза выше, чем применялось в стране в 2010 г. [1]. Однако за последние три года (2011–2013 гг.) можно отметить некоторую тенденцию к росту применения органических удобрений с максимальным среднегодовым внесением по республике 10,3 т/га в 2011 г. В Брестской области в 2011, 2012, и 2013 гг. внесено 14,3, 14,5 и 15,0 т/га органических удобрений, что в 2–3 раза превышает этот показатель в Витебской области, где он минимальный и равен 7,1, 6,3 и 5,2 т/га.

За последние 18 лет максимальное количество органических удобрений по областям республики внесено в 2011 г. на уровне 7,1–14,3 т/га. При этом в большинстве административных областей (за исключением Брестской области) внесение органических удобрений ниже нормативов.

Внесение органических удобрений в почвы пахотных земель в среднем по республике после снижения в 1991– 2006 гг. до 6,3 т/га увеличилось до 9,5–10,3 т/га. Максимальное количество органических удобрений 14,3–15,0 т/га внесено в Брестской и 11,6–12,2 т/га – в Гродненской области, минимальное – 5,2–7,1 т/га в Витебской и 8,5–9,0 т/га – в Могилевской. В Гродненской области в 2006–2010 гг. по сравнению с 2001–2005 гг. внесение органических удобрений сократилось на 0,8 т/га, но за последние три года увеличилось и достигло 12,0 т/га (табл. 1).

Для обоснования наиболее эффективных уровней применения удобрений и целенаправленного регулирования почвенного плодородия определяется баланс основных элементов питания. Показатели баланса отражают пути превращения и расхода элементов питания минеральных и органических удобрений, долю элементов питания, продуктивно используемую и отчуждаемую растениями из почвы и восполняемую за счет минеральных и органических удобрений. Баланс элементов питания в системе почва – растение – удобрение составляет часть общего процесса взаимодействия элементов и относится к малому биологическому круговороту. Его состояние оценивается по разности между суммарным количеством, поступившим в почву и отчуждаемым из нее. Величина потребления и потерь элементов питания зависит от гранулометрического состава и степени окультуренности почвы, вида, доз и сроков внесения удобрений, агротехнических приемов и других условий [2, 3].

Таблица 1

Внесение минеральных и органических удобрений под все сельскохозяйственные культуры на почвах пахотных земель Беларуси

Область	Год												
	1966–1970	1971–1975	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011	2012	2013	2011–2013
NPK кг/га д.в.													
Брестская	112	170	222	215	250	184	158	166	276	306	297	301	301
Витебская	88	156	208	198	240	157	119	117	222	293	241	250	261
Гомельская	98	163	219	225	286	189	171	162	270	350	319	321	330
Гродненская	93	157	211	230	270	211	170	197	274	310	293	292	298
Минская	104	168	224	224	265	178	142	156	270	327	286	243	285
Могилевская	89	154	207	203	252	155	144	140	252	289	269	257	272
Беларусь	97	161	215	216	259	177	149	156	261	313	283	274	290
азотных													
Брестская	27	47	62	67	78	54	51	63	98	100	109	102	104
Витебская	27	54	70	77	88	57	45	53	82	103	88	93	95
Гомельская	23	49	68	77	90	55	49	53	90	118	114	119	117
Гродненская	30	57	74	94	100	81	64	88	106	115	109	110	111
Минская	26	53	70	74	86	54	46	60	100	119	106	90	105
Могилевская	25	50	67	66	86	56	51	56	91	105	107	100	104
Беларусь	26	51	69	76	88	59	51	62	95	111	105	101	106
фосфорных													
Брестская	31	38	47	44	60	35	23	19	44	48	39	47	45
Витебская	28	39	44	41	57	31	17	13	34	66	38	41	48
Гомельская	31	38	47	47	76	46	31	26	49	60	56	55	57
Гродненская	25	33	39	41	61	37	21	23	42	57	46	45	49
Минская	31	37	47	47	67	38	20	20	49	74	51	38	54
Могилевская	29	38	48	49	68	34	22	20	47	50	46	39	45
Беларусь	30	38	45	45	65	37	22	20	44	60	46	44	50
калийных													
Брестская	57	85	113	104	112	94	84	88	136	158	149	152	153
Витебская	35	63	94	80	95	69	58	53	106	124	115	115	118
Гомельская	44	76	104	101	120	89	91	86	132	172	150	147	156
Гродненская	38	67	98	95	109	93	85	90	126	138	138	136	137
Минская	47	78	107	103	112	86	76	79	121	134	129	115	126
Могилевская	36	66	92	88	98	66	70	68	114	134	117	118	123
Беларусь	42	72	101	95	106	82	76	77	122	142	132	129	134
органических удобрений, т/га (пашня)													
Брестская	7,1	10,3	14,3	15,2	17,1	16,0	12,1	7,9	10,7	14,3	14,5	15,0	14,6
Витебская	6,2	8,8	11,7	12,6	12,9	9,0	5,0	3,3	4,5	7,1	6,3	5,2	6,2
Гомельская	8,0	11,1	14,7	14,5	15,5	12,2	7,6	6,0	7,4	9,7	8,8	8,3	8,9
Гродненская	7,4	9,6	12,3	12,7	14,0	12,8	11,2	11,0	10,2	12,2	12,2	11,6	12,0
Минская	9,4	11,4	13,4	14,2	15,9	12,8	8,2	6,3	8,7	10,3	10,2	9,3	9,9
Могилевская	6,5	8,2	10,5	10,7	11,5	8,6	5,5	3,7	5,4	9,0	8,5	8,8	8,8
Беларусь	8,0	9,9	12,8	13,3	14,4	11,6	8,1	6,3	8,0	10,3	9,9	9,5	9,9

Определение баланса азота в земледелии республики показало, что рост применения азотных удобрений, более эффективное их использование в период 1986–1990 гг. способствовало формированию положительного баланса в размере 23,8 кг/га. Сокращение объемов применения минеральных и органических удобрений в период 1991–2001 гг. привело к снижению баланса азота в 1996 г. до 3,8 кг/га, в 1991–1995 гг. – до 13,5 кг/га, в 1996–2000 гг. – до 14,2 кг/га. Баланс по азоту в среднем по стране в период 2006–2010 гг. составил 22,8 кг/га и изменялся в пределах 11,3–34,0 кг/га. Несмотря, на самое высокое применение азотных удобрений в Гродненской области, именно здесь баланс по азоту самый низкий 10,3 кг/га, а в 2007 и 2008 гг. даже отрицательный за счет самой высокой продуктивности сельскохозяйственных культур и большого выноса ими азота (табл. 2).

Таблица 2

Баланс элементов питания в почвах пахотных земель Республики Беларусь

Показатели	В среднем за год по периодам, кг/га									
	1966–1970	1971–1975	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2013
Приход с:	*баланс азота*									
минер.удобрениями	26	51	69	76	88	58,8	50,6	62	94,6	106
орг. удобрениями	20	24,5	32,5	33,2	48	38,5	26,7	20,8	26,3	35
семенами и осадками	6	6,5	7	8	8	13,9	13,9	13,9	13,9	12
биологический азот	7	9	10,5	12	13,2	12	13,1	19,3	17,4	17
Всего	59	91	119	129,2	157,2	123,2	104,3	116,4	152,3	170
Расход: вынос с урожаем	43	51,8	60,2	71,8	90	75,4	61,2	70,2	89,7	93
Потери: газообразные	11,5	18,8	25,4	27,2	34	24,9	19,3	20,8	30,2	35
выщелачивание	8	11	12	12, 5	8,6	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
поверхностный смыв	4	6	7	7,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Всего	66,5	87,6	104,6	118,7	133,4	109,9	90,1	100,6	129,5	138
Баланс	–7,5	3,4	14,4	10,6	23,8	13,3	14,2	15,8	22,8	31,5
Интенсивность баланса	89	104	114	109	118	112	116	116	117,8	122,7
Приход с:	*баланс фосфора*									
минер. удобрениями	30	38	45	45	65	36,6	22	20	44,4	50
орг. удобрениями	8,6	12,7	19,5	22,6	25,9	20,9	14,5	11,3	14,4	17,8
семенами и осадками	1,5	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8
Всего	40,1	52,3	66,1	69,3	92,5	59,1	38,1	33,1	60,4	69,6
Расход: вынос с урожаем	17,6	22,4	24,8	25,4	34,2	28,7	23,3	26,8	34,1	35,6
поверхностный смыв	1,5	1,6	1,7	1,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Всего	19,1	24	26,5	27,2	34,4	28,9	23,5	27	34,4	35,8
Баланс	21	28,3	39,6	42,1	58,1	30,2	14,6	6,1	26,0	33,9
Интенсивность баланса	210	218	249	254	269	204	162	123	177,2	194,7

Окончание табл. 2

Показатели	В среднем за год по периодам, кг/га									
	1966–1970	1971–1975	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2013
Приход с:	*баланс калия*									
минер. удобрениями	39	72	101	85	106	82	76	75	122,0	134,3
орг. удобрениями	20	26	35,1	39,9	46,1	37,1	25,9	20,2	25,5	33,7
семенами и осадками	6	6	6	6,1	9,2	10,7	10,7	10,7	10,7	11,8
Всего	65	104	142,1	141	161,1	129,8	112,6	106,1	158,2	179,8
Расход: вынос с урожаем	43	54,4	66,2	77,7	94,2	79	64	73,6	93,9	97,8
выщелачивание	8	9	9,5	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
поверхностный смыв	3	3,5	3,8	4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Всего	54	66,9	79,5	91,4	104,5	89,3	74,3	83,9	104,2	108,1
Баланс	11	37,1	62,6	49,6	56,6	40,5	38,3	22,2	54,0	71,7
Интенсивность баланса	120	155	179	154	154	145	152	126	152,6	166,3

Период химизации земледелия республики (1986–1990 гг.) характеризовался положительным балансом фосфора и калия в почвах пахотных земель. Максимальный баланс фосфора в 1986–1990 гг. составил 58,1, калия – 56,6 кг/га (табл. 2). А интенсивность их соответственно 269 и 154 %, что было близко к оптимальным значениям, которые для производственных условий республики составляли для фосфора – 230–250, калия – 130–140 % [2, 3].

Положительный баланс по фосфору до 1986–1990 гг. возрастал за счет применения как минеральных, так и органических удобрений. Поступление фосфора с органическими удобрениями возросло до 25,9 кг/га, с минеральными – до 65 кг/га. Следует отметить, что баланс фосфора и калия за период 2006–2010 гг. увеличился в 4 и 2,5 раза соответственно по сравнению с 2001–2005 гг.

За последние три года (2011–2013) наблюдается тенденция роста баланса всех элементов питания по сравнению с периодом 2006–2010 гг. В среднем за три года и по республике положительный баланс по азоту увеличился на 9,1 кг/га, по фосфору – на 7,6 кг/га и по калию – на 15 кг/га. Однако, что касается областей, то надо отметить, что в Минской области в среднем за три года баланс азота и калия практически сохранился на уровне 2006–2010 гг. даже с некоторым снижением, положительный баланс фосфора увеличился на 3,9 кг/га. Больше всего положительный баланс по азоту, фосфору и калию увеличился в Гомельской области на 25,6, 10,9 и 30,8 кг/га соответственно. В Гродненской области положительный баланс по азоту увеличился на 2 кг/га, фосфору – на 7,8 кг/га и калию – на 10,9 кг/га. В остальных областях за последние три года (2011–2013) положительные балансы по азоту, фосфору и калию увеличились на 6–12 кг/га (табл. 3).

Интенсивность баланса – отношение поступления элементов питания к выносу их урожаем и выражается в виде процентов или коэффициентов. Величина интенсивности менее 100 % характеризует дефицитный, на уровне 100 % – бездефицитный нулевой или поддерживающий баланс, а более 100 % – положительный.

Таблица 3

Баланс элементов питания в почвах пахотных земель Республики Беларусь

Область	В среднем за год и по периодам, кг/га													
	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006	2007	2008	2009	2010	2006–2010	2011	2012	2013	2011–2013
баланс азота														
Брестская	12,3	9,9	13,3	12,7	38,2	22,6	10,5	29,8	39,0	28,0	40,5	37,7	43,0	40,4
Витебская	39,9	16,4	13,4	16,5	32,6	6,3	10,9	38,9	43,2	26,4	37,5	30,5	37,1	35,1
Гомельская	23,4	12,5	16,8	18,4	27,5	21,0	20,1	26,1	48,8	28,7	53,8	52,3	56,8	54,3
Гродненская	18,6	19,2	14,3	18,8	25,4	–7,1	–9,0	27,1	16,5	10,6	18,5	5,7	13,5	12,6
Минская	19,1	10,2	11,6	14,0	23,4	22,2	10,5	32,6	29,5	23,6	33,6	21,3	12,6	22,5
Могилевская	25,2	12,7	16,3	14,3	21,7	7,3	8,5	17,6	31,0	17,2	10,2	32,2	32,8	25,0
Беларусь	23,8	13,5	14,2	15,8	26,0	16,3	11,0	25,2	33,8	22,5	36,2	27,4	31,0	31,6
баланс фосфора														
Брестская	53,9	32,9	17,0	5,5	30,9	29,4	14,2	36,1	41,3	30,4	41,0	28,6	41,1	37,0
Витебская	55,0	23,6	8,2	–1,9	18,1	6,2	2,7	22,6	32,8	16,5	50,2	23,2	26,5	33,3
Гомельская	70,1	41,5	24,9	16,2	38,1	30,7	27,6	35,5	45,1	35,4	49,2	45,4	44,3	46,3
Гродненская	47,9	26,4	11,7	7,0	29,7	5,6	9,0	27,4	20,4	18,4	35,4	20,9	22,4	26,2
Минская	59,5	32,0	13,1	5,4	21,7	36,0	17,6	38,8	37,9	30,4	54,4	30,4	18,1	34,3
Могилевская	59,8	25,5	13,2	4,6	27,7	15,7	19,7	27,2	34,0	24,9	23,8	27,6	23,1	24,8
Беларусь	58,1	30,2	14,6	6,1	27,0	22,9	15,8	30,3	35,0	26,2	44,3	28,5	28,8	33,8
баланс калия														
Брестская	60,5	55,2	49,5	33,9	70,7	61,7	56,8	97,3	110,6	79,4	114,2	95,6	110,2	106,6
Витебская	62,9	29,2	22,2	3,4	42,1	27,1	25,4	77,0	76,6	49,4	67,6	62,7	65,2	65,2
Гомельская	70,7	49,5	57,7	43,7	71,8	64,6	56,2	81,9	119,4	78,4	123,4	103,4	100,9	109,2
Гродненская	43,5	36,9	38,3	23,3	49,4	16,2	12,8	67,3	64,3	41,4	56,9	47,2	52,9	52,3
Минская	59,4	42,4	39,4	26,3	50,1	54,0	33,2	71,4	69,1	54,8	61,9	54,4	43,7	53,3
Могилевская	51,2	22,9	32,8	16,1	44,6	32,7	33,1	45,3	68,2	43,8	45,9	51,2	58,7	52,0
Беларусь	56,6	38,8	38,3	22,3	54,6	45,7	34,8	67,9	86,4	56,7	80,0	65,5	69,5	71,7

В 2006–2013 гг. интенсивность баланса азота, фосфора и калия больше 100 %, что свидетельствует о положительном балансе элементов питания и надо отметить, что за эти годы практически во всех областях она увеличивалась по годам и в среднем за период. Больше всего за 2006–2013 гг. увеличилась интенсивность баланса фосфора на 38–117 %, а по областям на 38 % в Гродненской области и на 117 % в Витебской. Интенсивность баланса азота за этот же период в Гродненской области стала на 3% ниже, а в Минской увеличилась на 25 % и на 26 % в Брестской области. Интенсивность баланса калия увеличилась на 12 % в Минской области до 70 % в Витебской (табл. 4).

Таблица 4

Интенсивность баланса элементов питания в почвах пахотных земель Республики Беларусь

Область	В среднем за год и по периодам, кг/га													
	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006	2007	2008	2009	2010	2006–2010	2011	2012	2013	2011–213
интенсивность баланса азота														
Брестская	159	103	113	112	131	117	107	121	128	121	129	125	131	128
Витебская	193	111	118	118	134	106	110	138	143	126	131	128	136	132
Гомельская	160	106	120	120	127	120	116	119	145	126	142	143	148	144
Гродненская	176	110	112	110	117	95	95	117	111	107	111	103	108	107
Минская	159	104	113	113	119	117	107	124	122	118	122	114	109	115
Могилевская	177	107	121	114	120	106	106	113	125	114	106	124	125	118
Беларусь	170	107	116	114	122	113	108	118	127	118	126	119	123	123
интенсивность баланса фосфора														
Брестская	161	201	162	124	204	188	136	199	219	187	219	175	219	203
Витебская	208	194	142	102	172	121	108	187	233	160	265	183	203	219
Гомельская	216	248	218	161	252	215	183	202	281	222	263	261	261	262
Гродненская	175	176	138	118	176	113	117	165	148	142	178	143	149	156
Минская	167	204	155	124	167	202	142	210	209	185	236	174	147	186
Могилевская	213	200	164	125	197	149	153	175	207	175	154	178	169	166
Беларусь	184	204	162	127	190	169	140	183	209	176	223	177	184	195
интенсивность баланса калия														
Брестская	202	156	159	140	178	161	148	189	205	176	210	183	205	199
Витебская	194	137	136	106	154	130	127	196	199	159	173	173	182	176
Гомельская	201	156	184	163	190	177	155	177	248	187	232	217	217	222
Гродненская	195	136	140	122	142	113	108	153	149	132	142	133	139	138
Минская	193	145	153	133	151	151	127	167	162	151	152	145	138	145
Могилевская	188	129	150	124	151	134	130	142	166	144	135	148	158	146
Беларусь	197	143	152	131	159	145	129	162	182	154	173	159	167	166

Продукционная способность сельскохозяйственных земель или их плодородие является основным фактором, обусловливающим ведение сельского хозяйства на современном уровне. Под современным уровнем ведения сельского хозяйства понимается использование агротехнологий, обеспечивающих получение растени-

еводческой продукции высокого качества, с низкой себестоимостью и максимально возможным уровнем рентабельности при условии сохранения или повышения плодородия почв.

Под научно-методическим руководством Института почвоведения и агрохимии с 1970 г. в республике проводится постоянный мониторинг за состоянием плодородия почв. Если в период с 1992 по 1997 гг. в результате снижения объемов внесения минеральных и органических удобрений произошел определенный спад по содержанию в почвах фосфора и калия, то в последние годы отмечаются устойчивые положительные тенденции как в объемах применения удобрений, так и изменении агрохимических показателей плодородия почв.

В настоящее время, по данным крупномасштабного агрохимического обследования почв (12 тур) средневзвешенный показатель кислотности (pHKCl) почв пахотных земель составляет 5,89, средневзвешенное содержание гумуса – 2,23 %, подвижного калия – 206 мг/кг, фосфора – 191 мг/кг. По отношению к предыдущему туру произошло уменьшение содержания гумуса на 0,01% (2,25 %), увеличение содержания калия на 15 мг/кг и фосфора – на 12 мг/кг почвы [4, 5]. На 56 % пашни достигнут оптимальный уровень обеспеченности подвижными формами калия. Содержание калия и фосфора в почвах пахотных земель во всех областях на 1–20 и 1–38 мг/кг почвы соответственно и республике в целом повысилось на 15 и 12 мг/кг почвы (табл. 5).

Таблица 5

Динамика агрохимических показателей пахотного слоя почв Республики Беларусь за 11–12 туры (на 1.01. 2013 г.)

Область	Балл пашни	Показатель											
		Гумус, %			P_2O_5			K_2O			pH		
					мг/кг почвы								
		2009–2012 гг.	2005–2008 гг.	±	2009–2012 гг.	2005–2008 гг.	±	2009–2012 гг.	2005–2008 гг.		2009–2012 гг.	2005–2008 гг.	±
Брестская	31,9	2,46	2,45	0,01	156	156	0	181	180	1	5,83	5,79	0,04
Витебская	26,6	2,49	2,47	0,02	180	171	9	190	170	20	6,09	6,12	–0,03
Гомельская	30,1	2,29	2,27	0,02	225	225	0	217	205	12	5,90	5,89	0,01
Гродненская	34,4	1,87	1,97	–0,10	203	165	38	194	175	19	5,84	5,86	–0,02
Минская	32,8	2,35	2,35	0	175	174	1	234	214	20	5,78	5,83	–0,05
Могилевская	32,3	1,92	1,94	–0,02	214	189	25	210	196	14	5,92	6,03	–0,11
Беларусь	31,2	2,23	2,24	–0,01	191	179	12	206	191	15	5,89	5,91	–0,02

Оптимальное значение показателя кислотности для почв пахотных земель дифференцируется в зависимости от гранулометрического состава и составляет в целом по республике pH_{KCl} 6,0–6,2. В почвах районов, загрязненных стронцием-90, где кальций является наиболее существенным антагонистом этого элемента, кислотность почв доведена до оптимальных значений. Можно считать, что в настоящее время достигнута нижняя граница оптимального показателя и задача состоит в том, чтобы поддерживать его на достигнутом уровне.

Высокая продукционная способность пахотных земель, основанная на положительном балансе основных элементов питания, обеспечивает получение стабильных урожаев. Применение минеральных удобрений на уровне 250–300 кг д.в. на га пахотных земель, на фоне интегрированной защиты растений, является одним из необходимых условий производства конкурентоспособной продукции на внешнем рынке.

Степень окультуренности почв и количество применяемых удобрений при возделывании сельскохо-зяйственных культур является решающим фактором формирования урожайности при неблагоприятных погодных условиях.

С 2002 г. имеет место увеличение объемов применения как минеральных, так и органических удобрений и, как следствие, – рост продуктивности сельскохозяйственных культур (табл. 1, 6).

В 2006–2010 гг. в среднем по административным областям и по стране получена продуктивность на уровне 34,5–56,0 ц к.ед./га, что ниже, чем в 2009 и 2008 гг., но, практически, на уровне 1986–1990 гг., когда была получена самая высокая продуктивность сельскохозяйственных культур. Самая низкая продуктивность сельскохозяйственных культур как по годам, так и в среднем 34,5 ц к.ед./га за период 2006–2010 гг. и 33,4 ц к.ед./га за последние три года получена в Витебской области. В этой же области применяют самые низкие объемы минеральных и органических удобрений. В Гродненской области в 2007–2013 годах продуктивность сельскохозяйственных культур формировалась выше 50–60 ц к.ед./га. В Минской области за период 2006–2013 гг., только в 2008 и 2012 гг. продуктивность сельскохозяйственных культур формировалась выше 50 ц к.ед./га – 52,0 и 50,4 ц к.ед./га соответственно, в остальные годы она изменялась в пределах 40,3–49,5 ц к.ед./га и в среднем за последние три года она увеличилась на 4,2 ц к.ед./га по сравнению с 2006–2010 гг. В Гомельской области продуктивность сельскохозяйственных культур за последние три года выросла на 4 ц/га, а в среднем по Беларуси – на 2,1 ц/га (табл. 6).

Таблица 6

Продукционная способность пахотных земель Республики Беларусь в 1986–2013 гг., ц/га к. ед.

Область	Год													
	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006	2007	2008	2009	2010	2006–2010	2011	2012	2013	2011–2013
Брестская	48,0	40,8	33,9	35,7	37,0	41,7	49,0	45,5	43,4	43,3	43,3	47,7	43,2	44,7
Витебская	33,0	31,0	23,9	27,7	30,8	36,3	38,9	36,2	30,2	34,5	38,6	30,1	31,6	33,4
Гомельская	44,1	35,0	26,3	27,8	31,3	33,2	41,6	40,3	31,3	35,5	42,6	41,8	34,2	39,5
Гродненская	49,6	43,2	38,4	46,3	48,4	53,2	67,0	58,9	52,4	56,0	57,6	60,6	56,4	58,2
Минская	46,7	37,9	29,1	33,8	40,3	43,6	52,0	46,2	43,1	45,0	49,5	50,4	47,7	49,2
Могилевская	37,6	31,5	25,2	29,5	35,4	39,8	45,7	44,3	39,3	40,9	46,6	43,4	41,4	43,8
Беларусь	42,8	35,9	29,1	33,4	37,4	41,5	49,2	45,1	40,0	42,6	45,8	46,0	42,4	44,7

ВЫВОДЫ

1. Применение минеральных удобрений за период 2006–2013 гг. на почвах пахотных земель Беларуси превысило самый эффективный период 1986–1990 гг. и в среднем составило 261–290 кг/га, что более чем на 100–134 кг/га (67–86 %) выше, чем в 2001–2005 гг. (156 кг/га) и объемы применения по областям увеличились на 77–114 кг/га (39–90 %).

2. Баланс по N в среднем по стране в 2006–2010 гг. составил 22,8 кг/га и изменялся в пределах 11,3–34,0 кг/га. В 2011–2013 гг. баланс по N несколько увеличился в основном за счет применения мине-ральных и органических удобрений и составил 27,4–36,2 кг/га. Положительный баланс по P_2O_5 и K_2O за период 2006–2010 гг. увеличился в 4 и 2,5 раза соответственно по сравнению с 2001–2005 гг. За 2011–2013 гг. наблюдается тенденция роста баланса всех элементов питания по сравнению с 2006–2010 гг. В среднем за три года и по республике баланс по N увеличился на 9,1 кг/га, по P_2O_5 – на 7,6 кг/га и по K_2O – на 5 кг/га.

3. В Гродненской области самый низкий баланс по азоту 10,3 кг/га, а в 2007 и 2008 гг. даже отрицательный за счет самой высокой продуктивности сельскохозяйственных культур и большого выноса ими азота. В Минской области в 2011–2013 гг. баланс N и K_2O сохранился на уровне 2006–2010 гг. и даже с некоторым снижением, а положительный баланс P_2O_5 увеличился на 3,9 кг/га. Больше всего баланс по N, P_2O_5 и K_2O увеличился в Гомельской области на 25,6, 10,9 и 30,8 кг/га соответственно. В Гродненской области баланс по N увеличился на 2 кг/га, P_2O_5 – на 7,8 кг/га и K_2O – на 10,9 кг/га. В остальных областях за 2011–2013 гг. балансы по N, P_2O_5 и K_2O увеличились на 6–12 кг/га.

4. В 2006–2010 гг. в среднем по областям и стране получена продуктивность 34,5–56,0 ц к.ед./га, что ниже, чем в 2009 и 2008 гг., но на уровне 1986–1990 гг., когда была получена самая высокая продуктивность сельскохозяйственных культур. Самая низкая продуктивность культур как по годам, так и в среднем 34,5 ц к.ед./га за период 2006–2010 гг. и 33,4 ц к.ед./га за последние три года в Витебской области, в которой применяют самые низкие объемы минеральных и органических удобрений. В Гродненской области в 2007–2013 гг. продуктивность культур формировалась выше 50–60 ц к.ед./га. В Минской области за период 2006–2013 гг., только в 2008 и 2012 годах продуктивность культур выше 50 ц к.ед./га – 52,0 и 50,4 ц к.ед./га соответственно, в остальные годы она изменялась в пределах 40,3–49,5 ц к.ед./га.

5. Применяемый в 2006–2013 гг. в республике уровень фосфорных (44–60 кг/га) и калийных (122–134 кг/га) удобрений при положительном балансе P_2O_5 (26–44 кг/га) и K_2O (54–80 кг/га) позволил поддержать достигнутое ранее содержание фосфора и калия в почве при увеличении показателей на 12 и 15 мг/кг почвы соответственно.

6. Применение органических удобрений на уровне 4,5–9,9 т/га недостаточно для формирования бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель. Необходим комплекс мероприятий по его поддержанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв в Республике Беларусь на 2011–1015 гг. / В.Г. Гусаков [и др.]; под ред. В.Г. Гусако-

ва. – НАН Беларуси, МСХПРБ, Госкомимущества, Ин-т почвоведения и агрохимии; 2010. – 106 с.

2. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.

3. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.

4. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2006. – 288 с.

5. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.

FERTILISATION AND NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM BALANCE IN ARABLE SOILS OF BELARUS

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko

Summary

The data of results of fertilization in Belarus accumulated during 1966–2013 as well as nitrogen, phospho-rus and potassium balances were discussed in the paper. The comparison of fertility status changes (12–15 monitoring investigation) with regard to previous monitoring data was presented. The system of soil liming and phosphorus and potassium fertilization in 2006–2013 permit to support reached earlier soil acidity level and phosphorus and potassium content in arable soils.

Поступила 24.11.14

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

А.Ф. Черныш, А.М. Устинова, В.Б. Цырибко, И.И. Касьяненко
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В связи с усиливающимися процессами деградации физического состояния почв, необходимостью воспроизводства почвенного плодородия и широкого внедрения интенсивных агротехнологий исследования по оценке состояния и регулирования агрофизических свойств почв приобретают все большую актуальность [1].

Физические и водные свойства (плотность, влагоемкость, водопроницаемость, температура, структура), а также физические процессы, протекающие в почвах (перенос газов и паров воды, передвижение жидкой влаги под влиянием различных градиентов, адсорбция и десорбция ионов питательных веществ и др.), являются не менее важными факторами почвенного плодородия, чем агрохимические показатели. В современных условиях нельзя достичь максимального и регулируемого урожая пока остаются нерегулируемыми физические, структурно-агрегатные характеристики, играющие важную роль в плодородии почв и жизни растений [2].

Улучшение окультуренности почв по их физическим параметрам, наряду с агрохимическими параметрами, в большей мере направлено на достижение их благоприятного и устойчивого водного, воздушного и теплового режима. Хорошая окультуренность почв, согласно современным представлениям, является нормой их оптимального состояния, которое характеризуется требуемыми урожаями сельскохозяйственных культур и устойчивым соотношением всех экологических функций почв [1].

Поэтому исследования по установлению оптимальных параметров агрофизических свойств основных типов почв Белорусского Поозерья являются актуальными необходимыми в настоящее время.

Белорусское Поозерье включает около 70 % территории Витебской области, а также часть Минской (около 25 %) и Гродненской областей (5 %) [3]. Для территории Поозерья характерны повышенная увлажненность территории, сложная структура почвенного покрова, высокое и неравномерное расчленение рельефа как по густоте, так и по глубине.

Белорусское Поозерье характеризуется наиболее молодыми формами ледникового рельефа. Ландшафты этого края почти не затронуты воздействиями

денудационных процессов, а ледниковые формы (конечные морены, моренные холмы, камы, озы, зандры, озерные котловины и желоба) сохранили свою самобытность.

В пределах Поозерья широкое распространение имеют моренные отложения. Обычно они покрыты чехлом флювиогляциальных и озерно-ледниковых осадочных пород времени отступления последнего оледенения, а также маломощными элювиально-делювиальными отложениями. В то же время на значительных площадях поозерская морена выходит на поверхность и является почвообразующей породой. Представлена она преимущественно грубыми, плотными суглинками, местами глинами, с многочисленными включениями гравийных зерен, гальки и валунов кристаллических и осадочных пород [3]. Часто встречаются линзы внутриморенных образований, состоящие из песков разнозернистых, гравелистых, с включением гальки, реже песков мелко- и тонкозернистых и иногда шоколадно-коричневых ленточных глин.

Почвенный покров этой территории характеризуется сильной изменчивостью (пестротой), что обусловлено быстрой сменой в пространстве одних пород другими. Набор почвообразующих и подстилающих пород включает практически все градации гранулометрического состава – от рыхлых песков до легких и средних глин. Характерна не только частая, но и резкая смена пород, нередко сильноконтрастных (пески–суглинки) в вертикальном (по почвенным профилям) и горизонтальном (по склонам) направлениях.

Мощным фактором дифференциации почвенного покрова являются эрозионные процессы, протекающие в форме поверхностной водной, а на коротких (до 100 м) и крутых склонах – в форме агротехнической (механической) эрозии [4].

Проблема рационального использования такого разнообразия почв стоит сейчас особенно остро, так как возросшая механизация сельского хозяйства и применение тяжелой энергонасыщенной техники в сроки отличные от оптимальных привели к переуплотнению, и способствуют развитию физической деградации почв.

Цель исследований заключалась в оценке современного состояния агрофизических свойств почв, наиболее распространенных в Белорусском Поозерье. Полученные результаты в дальнейшем будут использованы при разработке оптимальных параметров агрофизических свойств и приемов их регулирования.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка современного состояния агрофизических свойств наиболее распространенных почв Белорусского Поозерья проведена в почвенно-экологических районах, характеризующихся наиболее сложной структурой почвенного покрова и агротехнологическим состоянием земель. В качестве объектов исследований были выбраны земли сельскохозяйственных предприятий в Браславско-Ушачско-Городокском, Шарковщинско-Полоцко-Шумилинском и Вилейско-Докшицком почвенно-экологических районах, в которых почвенный покров представлен различными группами почвообразующих пород (рис.).

Рис. Объекты проведения маршрутных исследований в Белорусском Поозерье

В Белорусском Поозерье объектами исследований являлись почвы разной типовой принадлежности, сформированные на моренных (29 разрезов), озерно-ледниковых (9 разрезов) и водно-ледниковых (8 разрезов) почвообразующих породах.

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

В процессе исследований определены показатели, характеризующие структуру пахотного горизонта почв, исходя из данных сухого и водного просеивания, по методу Саввинова:

- *водоустойчивость по классификации Н.А. Качинского* (содержание агрегатов более 0,25 мм при водном просеивании);
- *коэффициент водоустойчивости* (*Кву.*), определяемый по соотношению агрегатов размером более 0,25 мм при водном и сухом просеивании;
- *коэффициент структурности* (*Кстр.*) – отношение содержания агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) к сумме агрегатов >10 и <0,25 мм при сухом просеивании;
- *коэффициент водопрочности* (*Квпр.*) представляет собой соотношение количества водопрочных агрегатов более 0,5 мм (%) при водном и сухом просеивании;
- *содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм* (%);
- *средневзвешенный диаметр агрегатов при водном просеивании*;
- *коэффициент нестабильности* (*Кнест.*), отражающий изменение средневзвешенного диаметра агрегатов при сухом и мокром просеивании почвы [5–7].

Выбор этих показателей при характеристике структурного состояния пахотного горизонта почв обусловлен тем, что именно они определяют устойчивость структуры к разрушению.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Беларуси преобладающими почвообразующими породами являются водно-ледниковые и ледниковые отложения. Из-за стадиальности развития ледникового покрова последние представлены в основном моренными суглинками и распространены, главным образом, в Поозерье, хотя отдельные массивы отмечены в центральной и южной частях страны. Также встречаются моренные супеси и гораздо реже пески.

Озерно-ледниковые отложения распространены на севере республики (в пределах Полоцкой низменности, Лучосской и Суражской равнин), а также в центральной части на территории Скидельской низины. Представлены суглинками, супесями и песками, в меньшей степени глинами [3].

О современном состоянии агрофизических свойств почв, наиболее распространенных в Белорусском Поозерье, можно судить по данным представленным в табл. 1.

Таблица 1

Современное состояние агрофизических свойств Белорусского Поозерья
(по результатам маршрутных исследований 2011–2013 гг.)

Почва	Слой, см	Агрофизические свойства					
		Плотность, г/см^3	Влажность %	Пористость, %	Запасы влаги, мм		Пористость аэрации, %
					0–20 см	0–50 см	
1. Дерново-подзолистые автоморфные							
а) на озерно-ледниковых супесях	0–10	1,41	9,7	45	29	66	31
	10–20	1,43	10,8	45			30
	30–40	1,58	7,8	39			27
б) на водно-ледниковых супесях	0–10	1,44	10,4	44	34	77	29
	10–20	1,43	13,4	45			25
	30–40	1,69	8,4	36			21
в) на моренных супесях	0–10	1,38	14,0	47	38	86	27
	10–20	1,45	12,6	44			26
	30–40	1,53	10,4	43			27
г) на моренных суглинках	0–10	1,41	13,6	51	38	88	31
	10–20	1,46	12,6	50			32
	30–40	1,65	10,1	48			32
2. Дерново-подзолистые глееватые и глеевые осушенные							
а) на озерно-ледниковых супесях	0–10	1,31	21,7	49	56	134	21
	10–20	1,32	20,4	49			22
	30–40	1,48	17,5	46			20
б) на озерно-ледниковых суглинках	0–10	1,32	22,9	52	60	136	21
	10–20	1,42	20,7	49			19
	30–40	1,61	15,7	49			24
в) на моренных супесях	0–10	1,41	11,9	45	36	101	28
	10–20	1,46	13,0	43			24
	30–40	1,61	13,5	46			13

Окончание табл. 1

Почва	Слой, см	Агрофизические свойства					
		Плотность, г/см³	Влажность %	Пористость, %	Запасы влаги, мм		Пористость аэрации, %
					0–20 см	0–50 см	
г) на моренных суглинках	0–10	1,33	19,1	51	49	110	25
	10–20	1,38	17,4	50			26
	30–40	1,63	12,6	47			26
д) на водно-ледниковых супесях	0–10	1,29	21,7	49	49	116	21
	10–20	1,38	15,1	46			25
	30–40	1,57	14,3	39			17
е) на водно-ледниковых суглинках	0–10	1,33	18,2	53	50	130	29
	10–20	1,26	20,5	52			26
	30–40	1,38	19,4	51			24
3. Дерновая глееватая осушенная на водно-ледниковых суглинках	0–10	1,23	18,2	53	48	131	24
	10–20	1,26	20,5	52			28
	25–35	1,40	19,5	51			21
	35–45	1,36	19,3	51			21
4. Дерново-подзолистые эродированные							
а) слабо	0–10	1,43	14,6	47	41	83	22
	10–20	1,58	12,6	45			20
	30–40	1,75	8,1	43			21
б) сильно	0–10	1,51	13,4	43	39	79	18
	10–20	1,54	12,0	41			18
	30–40	1,78	7,6	31			30

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

Как следует из приведенных данных, пахотный горизонт дерново-подзолистых почв на моренных суглинках и супесях как автоморфных, так и полугидроморфных, в соответствии с классификацией Н.А. Качинского уплотнен [6] – плотность составляет 1,33–1,46 г/см³. По данным других исследователей оптимальные значения плотностей пахотного горизонта разных типов почв от песчаного до глинистого гранулометрического состава находятся в интервале от 1,0 до 1,4 г/см³ [8].

Отметим довольно высокий показатель плотности супесчаных почв. Это объясняется тем, что во фракции физического песка моренных образований преобладает песчано-гравийная смесь. Нельзя не отметить явное увеличение плотности подпахотного горизонта – 1,53–1,65 г/см³, что в значительной мере обусловливается так называемым эффектом «плужной подошвы». Плотность сложения автоморфных почв несколько выше, чем почв с избыточным увлажнением, в связи с особенностями генетических горизонтов.

Общая пористость почв на моренных суглинках составляет 50–51 %, что соответствует удовлетворительной оценке по классификации Н.А. Качинского, а на моренных супесях – несколько ниже (43–45 %), т.е. неудовлетворительная.

Что касается влажности почвы, а, соответственно запасов влаги и пористости аэрации, то основную роль в величине этих показателей играют метеорологические условия. В целом, недостатка влаги на моренных почвообразующих породах в годы исследований не наблюдается.

Почвы, сформированные на озерно-ледниковых почвообразующих породах, менее плотные по сравнению с почвами на морене, т.к. рельеф преимущественно плоский и процессы эрозии не способствуют развитию физической деградации почвенного покрова. Показатель плотности пахотного горизонта изменяется от 1,31 до 1,43 г/см^3. Плотность с глубиной возрастает, что, в первую очередь, обусловлено содержанием гумуса и глубиной обработки почвы. Пористость находится в пределах оптимальных показателей, однако нельзя не отметить, что плотные подпахотные горизонты в период осадков препятствуют фильтрации влаги, создавая застой влаги и угнетение сельскохозяйственных культур. Плотность полугидроморфных почв на озерно-ледниковых породах несколько ниже, чем автоморфных, что объясняется более высоким содержанием гумуса в полугидроморфных почвах. Воздушный режим почв, сформированных на озерно-ледниковых почвообразующих породах, в целом хороший – пористость составляет 45–52 %, т.е. близка к удовлетворительной оценке, а пористость аэрации – 19–31 % (отличная).

Наиболее благоприятными агрофизическими свойствами обладают почвы, сформированные на водно-ледниковых отложениях. Плотность таких почв составляет 1,23–1,44 г/см^3, пористость – 44–53 %, пористость аэрации – 21–29 %, что близко к оптимальным значениям. Агрофизическое состояние полугидроморфных почв более благополучно, чем автоморфных.

Среди всех исследованных почв агрофизическое состояние дерновой глееватой осушеной почвы на водно-ледниковых суглинках наилучшее: плотность пахотного горизонта – 1,23–1,26 г/см^3, подпахотного – 1,36–1,40 г/см^3, пористость – 52–53 % и 51 % соответственно.

Водно-эрозионные процессы оказывают отрицательное влияние на водно-физические свойства почв. Плотность почв увеличивается на 0,15–0,20 г/см^3, пористость снижается на 2–3 %, причем, чем более эродированы почвы, тем хуже их свойства, что хорошо согласуется с данными, полученными на опытных стационарах «Стоковые площадки» и «Браслав» [9] .

Изучение структурного состояния пахотного слоя основных типов почв Поозерья показало, что практически во всех почвах высокая доля глыбистой фракции (>10,0 мм) – 15–40% (табл. 2). Количество агрегатов >10,0 мм в суглинистых почвах выше, чем в супесчаных независимо от их генезиса.

Содержание агрегатов агрономически ценного размера при сухом просеивании достаточно высокое – 57–78 %, т.е. в исследуемых почвах условия протекания почвенно-физических процессов удовлетворительные. Также отметим, что доля агрегатов 10,0–0,25 мм в супесчаных почвах выше, чем у суглинистых почв того же генезиса. Степень увлажнения почв практически не отразилась на показателях, характеризующих структурное состояние пахотного горизонта почв Белорусского Поозерья.

Определение коэффициента структурности (Кстр.) также свидетельствует о том, что основные типы почв в Поозерье обладают удовлетворительной структурой. Исключение составляют эродированные почвы, где высока доля глыбистой фракции.

Таблица 2

Показатели, характеризующие структурное состояние пахотного горизонта почв Белорусского Поозерья

Почва	Коэффициент структурности (Кстр.)	Содержание агрегатов, %	
		>10,0 мм	10,0–0,25 мм
1. Дерново-подзолистые автоморфные			
а) на озерно-ледниковых супесях	1,81	22,7	64,4
б) на водно-ледниковых супесях	1,71	23,2	63,1
в) на моренных супесях	3,51	15,4	77,8
г) на моренных суглинках	1,40	39,8	58,3
2. Дерново-подзолистые глееватые и глеевые осушенные			
а) на озерно-ледниковых супесях	3,62	18,4	78,4
б) на озерно-ледниковых суглинках	1,67	34,9	62,5
в) на моренных супесях	1,64	27,4	62,1
г) на моренных суглинках	1,60	37,5	57,4
д) на водно-ледниковых супесях	2,00	23,7	66,7
е) на водно-ледниковых суглинках	2,14	29,4	68,2
3. Дерновая глееватая осушенная на водно-ледниковых суглинках	2,34	28,9	66,4
4. Дерново-подзолистые эродированные			
а) слабо	1,11	44,8	52,6
б) сильно	0,75	55,4	42,8

Основными показателями, характеризующими противоэрозионную устойчивость пахотного горизонта почв, являются: средневзвешенный диаметр агрегатов при водном просеивании, водоустойчивость, содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм, а также коэффициенты водоустойчивости, водопрочности и нестабильности.

Как следует из данных, приведенных в таблице 3, водоустойчивость почв, наиболее распространенных в Белорусском Поозерье, оцениваемая по классификации Н.А. Качинского, хорошая и отличная.

Таблица 3

Показатели, характеризующие устойчивость структуры пахотного горизонта почв Белорусского Поозерья к разрушению

Почва	Средневзвешенный диаметр при водном просеивании	Водоустойчивость, (%)	Коэффициент водоустойчивости, (Кву.)	Коэффициент водопрочности, (Квпр.)	Содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм, %	Коэффициент нестабильности, (Кнест.)
1. Дерново-подзолистые автоморфные						
а) на озерно-ледниковых супесях	0,54	42,2	2,34	0,21	29,9	5,04
б) на водно-ледниковых супесях	0,92	57,8	1,49	0,38	34,1	4,73
в) на моренных супесях	1,52	70,2	1,60	0,68	57,9	6,47
г) на моренных суглинках	1,69	58,2	1,62	0,83	54,4	5,05

Окончание табл. 3

Почва	Средневзвешенный диаметр при водном просеивании	Водоустойчивость, (%)	Коэффициент водоустойчивости, (Кву.)	Коэффициент водопрочности, (Квпр.)	Содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм, %	Коэффициент нестабильности, (Кнест.)
2. Дерново-подзолистые глееватые и глеевые осушенные						
а) на озерно-ледниковых супесях	1,87	52,5	2,01	0,55	51,8	4,11
б) на озерно-ледниковых суглинках	1,33	51,5	1,96	0,56	44,6	5,17
в) на моренных супесях	2,67	60,1	1,65	0,73	56,0	5,41
г) на моренных суглинках	2,66	68,1	1,50	0,68	55,1	5,10
д) на водно-ледниковых супесях	2,59	65,3	1,89	0,69	56,8	5,21
е) на водно-ледниковых суглинках	2,27	59,8	1,59	0,59	51,7	4,94
3. Дерновая глееватая осушенная на водно-ледниковых суглинках	0,86	32,2	3,60	0,21	19,8	5,30
4. Дерново-подзолистые эродированные						
а) слабо	1,57	45,4	0,79	0,52	23,2	5,74
б) сильно	1,34	30,8	0,19	0,37	10,4	6,81

Исключения составляют сильноэродированные почвы, а также полугидроморфные на моренных суглинках. Отметим, что наибольшая водоустойчивость характерна для почв, сформированных на моренных супесях независимо от степени гидроморфизма – около 70 % водопрочных агрегатов > 0,25 мм при мокром просеивании.

Коэффициент водоустойчивости в почвах Белорусского Поозерья колеблется от 1,49 до 3,60, водопрочности – от 0,21 до 0,83, нестабильности – от 4,11 до 6,47. На долю водопрочных агрегатов более 0,5 мм приходится 20–58 %.

На эродированных почвах все вышеперечисленные показатели значительно ухудшаются.

В целом, почвы, сформированные на супесях различных по генезису почвообразующих пород более устойчивы к проявлению водно-эрозионных процессов на них по сравнению с суглинками. Четких закономерностей в изменении противоэрозионной устойчивости структуры почв к разрушению в зависимости от степени гидроморфизма не установлено.

ВЫВОДЫ

Агрофизические свойства почв, наиболее распространенных в Белорусском Поозерье, в значительной степени определяются генезисом почвообразующих пород, типовой принадлежностью и степенью подверженности эрозионным процессам. Практически все исследуемые почвы переуплотнены, а, следовательно, необходима разработка мер и приемов по регулированию агрофизического состояния почв.

Наиболее благоприятными агрофизическими свойствами обладают почвы, сформированные на водно-ледниковых отложениях. Плотность таких почв состав-

ляет 1,23–1,44 г/см^3, пористость – 44–53 %, пористость аэрации – 21–29 %, что близко к оптимальным значениям. Агрофизическое состояние полугидроморфных почв более благополучно, чем автоморфных.

Среди всех исследованных почв агрофизическое состояние дерновой глееватой осушенойпочвы на водно-ледниковых суглинках наилучшее: плотность пахотного горизонта – 1,23–1,26 г/см^3, подпахотного – 1,36–1,40 г/см^3, пористость – 52–53 % и 51 % соответственно.

Изучение структурного состояния пахотного горизонта основных типов почв Поозерья показало, что содержание агрегатов агрономически ценного размера при сухом просеивании достаточно высокое – 57–78 %, т.е. в исследуемых почвах условия протекания почвенно-физических процессов удовлетворительные. Также отметим, что доля агрегатов 10,0–0,25 мм в супесчаных почвах выше, чем у суглинистых почв того же генезиса.

Для супесчаных почв Поозерья различных по генезису почвообразующих пород характерна более высокая устойчивость к проявлению водно-эрозионных процессов по сравнению с суглинками. Основные типы почв Белорусского Поозерья обладают хорошей и отличной водоустойчивостью, оцениваемой по классификации Н.А. Качинского. Причем наибольшая водоустойчивость характерна для почв, сформированных на моренных супесях, независимо от степени гидроморфизма – 60–70 % водопрочных агрегатов > 0,25 мм при мокром просеивании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Моисеев, К.Г.* Исследование агрофизических свойств пахотных почв северо-запада Российской Федерации: методическое руководство / К.Г. Моисеев – СПб.: Изд. АФИ, 2011. – 52 с.

2. *Моисеев, К.Г.* Определение удельной поверхности почв на основе величины гигроскопической влажности / К.Г. Моисеев. – Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 15–20.

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

4. *Сталбов, Р.Я.* Характеристика структуры почвенного покрова эродированных земель районов Валдайского оледенения / Р.Я. Сталбов, Ю.П. Качков, В.М. Яцухно // Почвоведение. – 1979. – № 9. – С. 42–52.

5. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука. – 1966. – С. 72–122.

6. *Качинский, Н.А.* Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – Ч. 1. – 323 с.

7. *Вадюнина, А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

8. *Кузнецова, И.В.* Об оптимальной плотности почв / И.В. Кузнецова // Почвоведение. –1990. – № 5. – С. 43–54.

9. Эффективность применения дифференцированных почвозащитных севооборотов на эродированных дерново-подзолистых почвах, сформированных на моренных суглинках / А.М. Устинова // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2 (49). – С. 58–65.

CURRENT STATE OF AGRO PHYSICAL PROPERTIES OF BELARUSIAN POOZER'E SOIL

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

Summary

The results of routing studies on arable land in the soil–ecological areas where the soil cover is represented by different groups of parent rocks are presented at the article. It was found that the physical soil properties of Belarusian Poozer'e is largely determined by the genesis of soil-forming rocks, types of accessories and degree of exposure to erosive processes. Almost all the studied soil overcrowded, and therefore need to develop policies and practices to regulate agrophysical condition of soils. At the same time, the soils of Belarusian Poozer'e are characterized by a good structural-aggregate composition and relatively high stability of the structure to collapse.

Поступила 20.11.14

УДК 631.452

БИОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

В.В. Лапа, Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, Т.В. Погирницкая, С.В. Дюсова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях воспроизводство и сохранение плодородия почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, являются приоритетными задачами [1]. В связи с этим возрастает экологическая значимость диагностики биологического состояния почв, являющегося одним из основных критериев оценки изменений плодородия почв, вызываемых антропогенной деятельностью [2–4]. Как правило, при возрастающем уровне антропогенной нагрузки отмечается ускорение биологического круговорота веществ и повышение биологической активности почв, которое может сопровождаться усиленной минерализацией органического вещества и приводить к развитию процессов деградации плодородия [5]. Изучение биологического статуса позволяет контролировать влияние интенсификации растениеводства на состояние почвенного плодородия и своевременно решать экологические задачи [2, 5].

Для оценки биологического состояния почв в настоящее время используется широкий спектр показателей, что обусловлено многообразием функций почвенных микроорганизмов. Традиционные микробиологические исследования, включаю-

щие определение общей численности и группового состава микроорганизмов, применяются в основном для решения фундаментальных задач генетического почвоведения, физики и химии почв, для выяснения роли микроорганизмов в круговороте веществ. Благодаря таким исследованиям накоплена научная информация о структурной и функциональной организации микробных сообществ почвы, об основных почвенно-микробиологических процессах и микробных сообществах, ответственных за их протекание, изучена экология почвенных микроорганизмов, структура микробных сообществ в разных природно-климатических зонах [2].

Однако традиционные микробиологические исследования не нашли широкого практического применения для оценки почвенного плодородия. Для диагностических целей наибольший интерес представляют показатели активности (интенсивности) ключевых биологических процессов, регулирующих плодородие. Такую возможность дает проведение почвенных биохимических исследований. В основе микробного метаболизма лежит работа ферментов, которые катализируют все биохимические реакции и являются интегральной частью круговорота элементов питания в почве. Почвенные ферменты имеют преимущественно микробное происхождение [7], доля ферментов растительного и животного происхождения значительно меньше [8]. Ферменты накапливаются в почве и образуют запас, который является результатом ежегодного развития микроорганизмов в почве. Ферментативная активность почвы – чувствительный индикатор биохимической деятельности развивающихся в ней микробных сообществ.

Аргументами в пользу биохимической диагностики являются относительная простота измерения и быстрый отклик на антропогенное воздействие. По сравнению с другими показателями изменения ферментативной активности, вызванные антропогенными факторами, регистрируются на более ранних этапах и в большей степени подходят для ранней диагностики нежелательных экологических тенденций [9]. Преимуществом ферментативной диагностики является более высокая стабильность ферментативных параметров по сравнению с другими показателями биологической активности [2, 5]. Внеклеточные ферменты, составляющие значительную часть ферментного пула почвы, находятся в стабилизированном состоянии за счет прочных связей с ее минеральными и органическими компонентами [10, 11]. Стабилизированные внеклеточные ферменты устойчивы к протеолизу, защищены от инактивации, длительно сохраняют активность и функционируют при неблагоприятных условиях дефицита влаги и элементов питания, когда микробная деятельность обычно угнетена.

Цель исследований – определить необходимый минимум тестов для оценки активности ключевых биохимических и микробиологических процессов, связанных с циклами основных биогенных элементов (углерода и азота) и предложить для практических целей наиболее адекватные показатели для оценки влияния антропогенных факторов на плодородие почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биологические исследования по установлению наиболее объективных показателей для характеристики биологического состояния почв были проведены в длительных стационарных опытах Института почвоведения и агрохимии на дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почвах. Основные агрохимические

факторы, изученные в полевых опытах – системы удобрения и обеспеченность почв элементами минерального питания.

Биологические исследования по системам удобрения проведены в 2011–2013 гг. на дерново-подзолистых легкосуглинистой (СПК «Щемыслица», Минский р-н) и супесчаной (ГП «Э/б им. А.В. Суворова», Узденский р-н) почвах в зернотравяных севооборотах.

Для определения активности инвертазы использован широко распространенный в настоящее время колориметрический метод Т.А. Щербаковой [26], в котором для индикации редуцирующих сахаров используется 3,5-динитросалициловая кислота, а активность фермента рассчитывается в мг глюкозы/кг почвы [26]. Для установления активности почвенной уреазы наиболее точным считается колориметрический метод Т.А. Щербаковой [26], где в качестве ферментного субстрата используется мочевина, для количественного определения аммония – реактив Несслера; активность фермента рассчитывается в мг $N\text{-}NH_4^+$/кг почвы [26]. Активность окислительных ферментов, полифенолоксидазы и пероксидазы, определяли также колориметрически, по трансформации гидрохинона в почве и выражали в мг превращенного субстрата – мг 1,4-р-бензохинона/кг почвы [26, 48]. Содержание углерода в микробной биомассе определяли методом фумигации-экстракции, который включает фумигацию почвенных образцов хлороформом и экстракцию органического углерода раствором K_2SO_4 [38]. Дегидрогеназная активность определена по модифицированному методу А.Ш. Галстяна с применением трифенилтетразолия хлористого в качестве ферментного субстрата, активность рассчитывали по продукту ферментативной реакции – в мг трифенилформазана/кг почвы почвы [26].

При разработке системы показателей для диагностики плодородия почв учитывали целый ряд условий:

- для диагностических целей целесообразно использовать показатели, наиболее тесно связанные с органическим веществом, которое является основополагающим фактором плодородия почвы и оказывает комплексное влияние на ее физические, химические и биологические характеристики;
- для оценки плодородия имеет значение не только общее содержание органического вещества в почве, но и его состав – содержание фракций, различающихся по скорости трансформации и играющих специфическую роль в формировании плодородия. Необходимо учитывать как минимум две составляющие – относительно инертную часть, трудно поддающуюся минерализации, и активную, легко разлагаемую составляющую [12, 13];
- в наших исследованиях в качестве инертной составляющей органического вещества использовано содержание гумуса (по И.В. Тюрину в модификации ЦИНАО), который контролируется в системе экологического мониторинга почв [14]. Этот показатель представляет собой преимущественно гумифицированные соединения [14, 15, 16]. В качестве характеристики активной составляющей органического вещества почвы использовали углерод, экстрагируемый горячей водой – C_{hwe} [12, 17].
- для диагностических целей наиболее важна характеристика универсальных биохимических процессов, регулирующих минерализацию и гумификацию органических веществ в почве, связанных с циклами основных биогенных элементов. К наиболее универсальным и масштабным деструкционным процессам, формиру-

ющим плодородия почвы, относятся разложение целлюлозы и аммонификация, к наиболее универсальным и масштабным процессам, ведущим к образованию органического вещества – гумификация лигнинов [3]. По соотношению активности минерализационных и синтетических процессов можно давать биохимическую оценку направленности трансформации органических веществ и определять тенденции изменения плодородия под влиянием антропогенных факторов;

- одним из важнейших условий при разработке системы биодиагностики является оптимизация срока отбора почвенных образцов для биологических исследований. Противоречивость и несопоставимость результатов во многом связана с неопределенностью по срокам отбора почвенных образцов;
- одним из условий разработки системы диагностики является стандартизация лабораторных методов определения биохимических и микробиологических показателей, необходимая для получения сопоставимых результатов. Градации и шкалы должны быть приурочены к определенным методам;
- обязательным условием является статистическая обработка экспериментальных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оптимизация сроков отбора почвенных образцов. Одним из важнейших условий получения объективной информации о биологическом состоянии почвы является оптимизация срока отбора почвенных образцов. Известно, что биологические показатели отличаются динамичностью и значительно варьируют в течение вегетационного периода в зависимости от разных факторов, наиболее значимыми из которых являются влажность почвы [18–20], внесение удобрений [2, 3, 5, 19, 21, 22, 28], возделываемые сельскохозяйственные культуры [3, 19, 20]. В связи с этим сроки отбора почвенных образцов должны дифференцироваться в зависимости от конкретных задач исследований.

В ранее проведенных исследованиях нами установлено, что для решения диагностических задач наиболее объективную информацию дает анализ почвенных образцов, отобранных весной до внесения удобрений [23]. Для этого был выполнен сравнительный анализ результатов определения ферментативной активности при разных сроках отбора почвенных образцов. Сравнение показало, что при весеннем отборе образцов регистрируется наиболее тесная связь активности ферментов с содержанием органического вещества в почве. Это подтверждает целесообразность отбора почвы для биохимических исследований весной, до внесения удобрений. Весенний отбор позволяет снизить маскирующий эффект гидротермических условий, возделываемых культур, внесения удобрений и дает возможность оценить результат биохимической деятельности микроорганизмов, когда процессы трансформации свежего органического вещества, поступившего в почву в течение вегетации, практически завершены. Таким образом, при использовании биологических показателей для оценки влияния антропогенных факторов объективную информацию дает однократный отбор почвенных образцов весной до внесения удобрений [23].

Биохимические показатели скорости гидролитической трансформации полисахаридов в почве. Микроорганизмам принадлежит глобальная деструкционная функция. Способность почвы трансформировать сложные высокомоле-

кулярные органические соединения в усвояемые структурные единицы обусловлена биохимической деятельностью микроорганизмов. Динамика и мобилизация элементов питания тесно связана с действием гидролитических ферментов [2, 24, 25]. Универсальные гидролитические процессы во многом определяют плодородие почв.

Один из самых масштабных деструкционных процессов в почве – разложение целлюлозы составляющей 40–70 % с.в. растительных остатков. Целлюлоза является наиболее значимым полисахаридом, поступающим в почву. Только микроорганизмы за счет выделения ферментов способны разлагать целлюлозу. Ферментативный гидролиз целлюлозы осуществляется в аэробных и анаэробных условиях сообществами грибов, актиномицетов и бактерий. На разных стадиях процесс катализируется специфическими группами ферментов (целлюлазы, целлобиазы). На начальных стадиях гидролиз идет внеклеточно (за счет выделения ферментов в среду), так как из-за больших размеров полимеры не могут проникать в клетку. Короткие цепочки поступают в микробные клетки и далее превращения идут внутриклеточно. В результате высвобождаются низкомолекулярные сахара, являющиеся источником энергии для микроорганизмов. С разложением целлюлозы связаны образование гумуса (промежуточные и конечные продукты гумифицируются) и формирование почвенной структуры [2, 25].

Объективную информацию об интенсивности разложения целлюлозы в почве дает применение аппликационных методов. Сущность методов состоит в закладке целлюлозных материалов (фильтровальной бумаги), в почву на определенную глубину (вертикально), после экспозиция в почве (1–1,5 мес.) по убыли массы целлюлозы определяют актуальные показатели деятельности целлюлозолитических микробных сообществ [26].

В состав растительных тканей, наряду с целлюлозой, входят олигосахариды, разлагающиеся в почве значительно быстрее. Одним из наиболее широко использующихся биохимических показателей для характеристики биологического состояния почвы, является инвертазная активность. Инвертаза обнаруживается во всех почвах, она катализирует гидролиз сахарозы с образованием глюкозы и фруктозы, которые служат источником энергии для микроорганизмов. В качестве диагностического показателя способности почвы накапливать усвояемые структурные единицы наиболее целесообразно использовать активность ферментов последних стадий гидролиза [27], в результате которых образуются растворимые моносахариды. Основанием для предложения инвертазной активности в качестве диагностического показателя является ее критическая роль в высвобождении низкомолекулярных сахаров, глюкозы и фруктозы. Имеет значение и тот факт, что инвертаза – один из немногих ферментов, для определения активности которого в лаборатории используется ее естественный субстрат – сахароза.

Установлено, что инвертазная активность тесно положительно коррелирует с содержанием гумуса в почве. Варьирование коэффициентов детерминации R^2 по годам исследований составило – 0,88–0,92, в среднем – 0,90 ($P \leq 0,05$). Связь инвертазной активности с активным органическим веществом (Chwe) характеризуется коэффициентом $R^2 = 0,92$, по годам исследований – 0,87–0,95 (рис. 1).

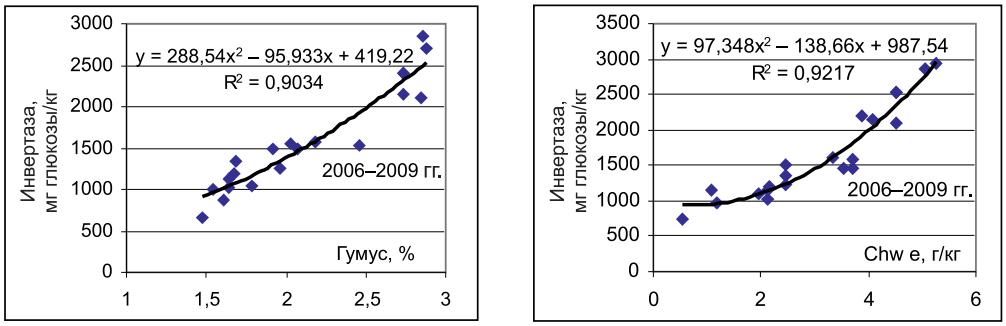


Рис. 1. Взаимосвязь активности инвертазы с содержанием гумуса и Chwe в дерново-подзолистой супесчаной почве (2006– 2009 гг.)

Биохимический показатель скорости гидролитической трансформации азотсодержащих органических соединений почвы. Основная часть азота находится в почве в виде сложных органических соединений (94–95 %). Азот, входящий в состав белков и их производных, становится доступным для растений в результате аммонификации. На разных стадиях аммонификации действуют специфические группы гидролитических ферментов. В результате последовательного протеолитического разложения до полипептидов и аминокислот, и далее под действием амидогидролаз и дезаминаз, азот органических соединений переходит в минеральную форму. Таким образом, действие гидролитических ферментов – протеаз, пептидаз, дезаминаз и амидогидролаз определяет динамику азота в почве [28, 29]. На завершающих стадиях аммонификации, обеспечивающих непосредственное поступление аммония в почву, действуют гидролитические ферменты амидогидролазы, к которым относится уреаза.

В качестве диагностического показателя способности почвы накапливать минеральный азот наиболее целесообразно использовать активность ферментов завершающих стадий аммонификации, когда в почву поступает аммоний [27], который может быть непосредственно ассимилирован растениями и микроорганизмами. В пользу выбора уреазной активности в качестве диагностического показателя свидетельствует и то, что в лаборатории активность фермента определяют с естественным субстратом – мочевиной.

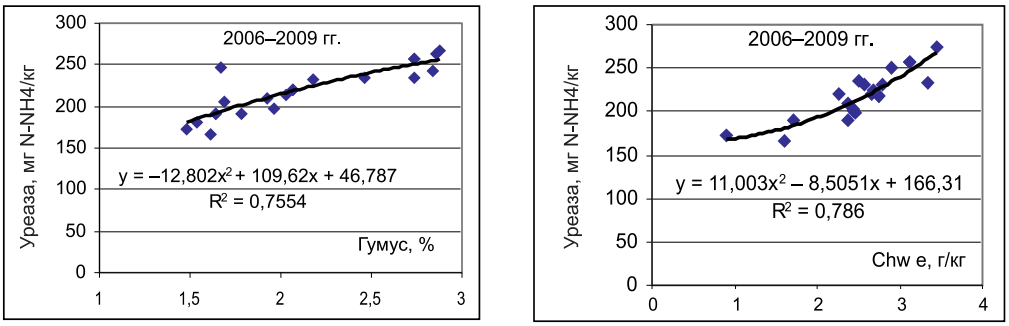


Рис. 2. Взаимосвязь активности уреазы с содержанием гумуса и Chwe в дерново-подзолистой супесчаной почве (2006–2009 гг.)

Корреляционно-регрессионный анализ указывает на тесную положительную корреляцию активности уреазы с содержанием активной и инертной фракций органического вещества. По средним данным связь активности уреазы с гумусом характеризуется коэффициентом детерминации 0,75, а с активным органическим веществом – 0,79 ($P \leq 0,05$) (рис. 2). Уреазная активность является количественным показателем скорости минерализации азотсодержащих органических соединений и накопления минерального азота, доступного для питания растений.

Биохимические показатели интенсивности гумификации лигнинов растительных остатков. Разложение лигнина в почве – второй по значимости деструкционный процесс. Растительные остатки на 15–30 % состоят из лигнинов. Ферментативный гидролиз лигнина осуществляется сложным комплексом грибов, актиномицетов и бактерий, за счет действия микробных лигниназ [30]. Наряду с белками, лигнины являются основными источниками структурных единиц для гумификации [31, 32, 33].

Почвенные микроорганизмы и их метаболиты ведут разнонаправленные процессы, одновременно с минерализацией протекает гумификация органических соединений [3, 31, 33, 34, 38]. В процессах гумификации также участвует сложный комплекс микроорганизмов и их метаболитов. Несмотря на наличие разных концепций гумусообразования, общепризнано, что гумификация – процесс биохимический, управляемый микробными ферментами. В настоящее время катализаторами гумификации разлагающегося органического вещества признаются микробные оксидазы – фенолоксидазы и пероксидазы [2, 3, 9, 19, 31, 32, 33, 41]. Эти ферменты катализируют процессы окисления ароматических соединений и их производных до хинонов, которые в соответствующих условиях конденсируются с аминокислотами и пептидами с образованием первичных молекул гуминовых кислот [30, 32, 35]. Полифенолоксидазы осуществляют катализ в присутствии кислорода воздуха, пероксидазы – с помощью перекиси водорода, которая образуется в почве за счёт жизнедеятельности микроорганизмов и действия оксидаз. Химические реакции также имеют место, но их значение второстепенно (поликонденсация идет без участия микроорганизмов).

В качестве биохимических показателей для характеристики интенсивности гумификации лигнинов растительных остатков в почве предлагается активность окислительных ферментов – пероксидазы и полифенолоксидазы. Основанием для предложения этих показателей в качестве диагностических служит их роль в цикле углерода почвы, а также их тесная положительная корреляция с содержанием гумуса, преобладающую часть которого составляют инертные гумифицированные вещества [34].

По результатам наших исследований теснота взаимосвязи активности почвенных оксидаз с содержанием инертной части органического вещества, характеризуется следующими коэффициентами детерминации: для пероксидазы R^2 в среднем составил 0,90, по годам исследований – 0,81–0,94; для полифенолоксидазы R^2 в среднем достигал 0,82, по годам исследований – 0,62–0,84 ($P \leq 0,05$). Активность оксидаз значительно слабее коррелировала с содержанием активной фракции органического вещества, R^2 как для пероксидазы, так и для и полифенолоксидазы в среднем не превышал 0,40 (рис. 3, 4). Установленные закономерности позволяют дифференцированно использовать активность почвенных оксидаз – в качестве характеристик инертной (гумифицированной) фракции органического вещест-

ва и показателей скорости гумификации растительных остатков. Определение активности почвенных оксидаз дает возможность оценивать влияние аграрных технологий на скорость гумификации растительных остатков и контролировать уровень нагрузки для своевременного предупреждения негативных экологических последствий.

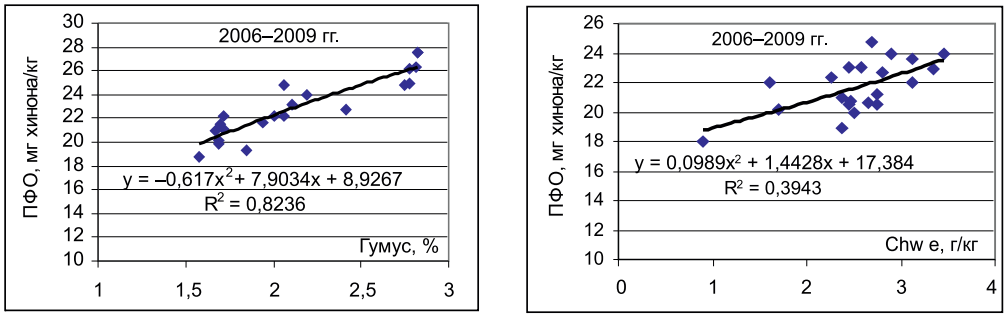


Рис. 3. Взаимосвязь полифенолоксидазной активности с содержанием гумуса и Chwe в дерново-подзолистой супесчаной почве (2006–2009 гг.)

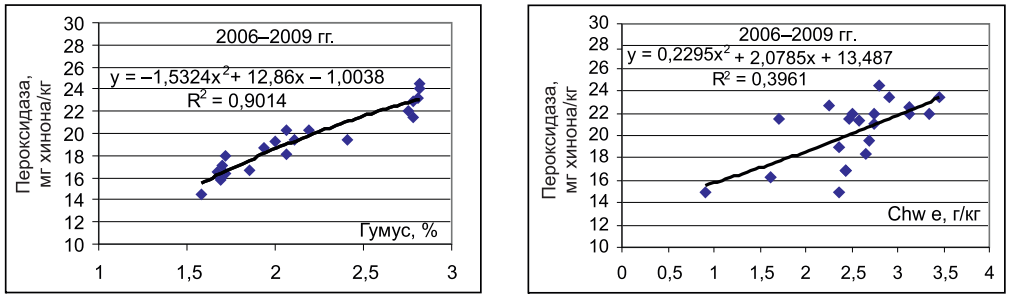


Рис. 4. Взаимосвязь пероксидазной активности с содержанием гумуса и Chwe в дерново-подзолистой супесчаной почве (2006–2009 гг.)

Показатели пероксидазной и полифенолоксидазной активности представляют стабильные характеристики гумификационных процессов почвы, тесно коррелируют с содержанием инертной части органического вещества и незначительно варьируют по годам исследований. Разработаны удобные экспресс-методы методы их определения [26].

Биохимическая оценка направленности трансформации органических веществ почвы под действием антропогенных факторов. Ключевыми экологическими функциями почвы являются синтез и минерализация органических веществ [2, 6, 10]. При интенсивной антропогенной нагрузке важно контролировать способность почвы сохранять и поддерживать эти функции. Так как все процессы синтеза и минерализации органических веществ в почве катализируются ферментами и являются биохимическими по природе, то ферментативная диагностика почв является удобным инструментом для осуществления такого контроля.

При изучении влияния антропогенных факторов приоритетное значение имеет оценка соотношения активностей минерализации и гумификации органических веществ, которое показывает направленность трансформации органических ве-

ществ под действием антропогенных факторов и позволяет устанавливать экологически обоснованные аграрные технологии, способствующие сохранению плодородия почвы. Интенсивная антропогенная нагрузка может приводить к ускоренной минерализации органического вещества и развитию процессов деградации плодородия [1, 6, 24].

Ферментативная диагностика почвы позволяет оценивать соотношение интенсивностей минерализационных и гумификационных процессов. Для этого энзиматические показатели группируют по направленности действия ферментов. Относительную интенсивность минерализации (%) рассчитывают по активности гидролитических ферментов (целлюлазы, инвертазы и уреазы), активность гумификации (%) – по активности окислительных ферментов (полифенолоксидазы и пероксидазы), используя метод Дж. Ацци [43]. В биологических науках для сравнительного анализа показателей, выраженных в разных единицах измерения, обычно используется метод Дж. Ацци [43] и изучаемые характеристики оцениваются в относительных единицах (%) по отношению к контрольному варианту.

В 2011–2013 гг. в стационарных опытах была выполнена биохимическая диагностика дерново-подзолистой супесчаной и легкосуглинистой почв по гидролитическим и окислительным ферментам, дана относительная оценка общей интенсивности минерализации (%) и гумификации (%). По соотношению активностей минерализационных и гумификационных процессов была дана биохимическая оценка направленности изменения плодородия почв в зависимости от системы удобрения. Для дерново-подзолистой супесчаной [21] и легкосуглинистой [22] почв были установлены наиболее обоснованные с экологических позиций системы удобрения, обеспечивающие высокую продуктивность сельскохозяйственных культур при сберегающем уровне минерализации органических веществ. Ферментативная диагностика способствует определению приемов экологически оптимального воздействия на почвы.

Микробиологические показатели для характеристики обилия и метаболической активности микробных сообществ почвы. В качестве интегральных микробиологических показателей предлагается использовать углерод микробной биомассы и дегидрогеназную активность почвы.

Почвенные микроорганизмы непосредственно или косвенно являются основным агентом всех биохимических превращений в почве, они контролируют деструкционную и гумификационную функции почвы [2, 6, 12, 13, 17, 20, 30, 36, 37]. Поэтому при нормировании антропогенной нагрузки необходимы объективные характеристики деятельности микробных сообществ почвы.

Однако, традиционные микробиологические методы по определению общей численности и группового состава микроорганизмов не нашли широкого практического применения для оценки почвенного плодородия. Это обусловлено рядом причин: несопоставимостью данных разных авторов из-за отсутствия стандартизации состава питательных сред, методов посева и учета микроорганизмов, способов предварительной подготовки почвы; динамичностью микробиологических показателей и выраженной зависимостью от гидротермических условий; сложностью и длительностью экспериментов; потребностью в специальном оборудовании для стерилизации. Но все же основные причины – недостаточная информативность вследствие специфики микроорганизмов, заключающейся в том, что их количество может быть не пропорционально их реальной активности и интен-

сивности проводимых ими процессов (Д.Г. Звягинцев, И.Л. Бабьева, Г.М. Зенова, 2005) [2], а также вследствие неопределенности учета активных микроорганизмов или покоящихся форм (Е.Н. Мишустин, 1972) [44].

Для характеристики состояния и деятельности микробных сообществ целесообразно использовать два интегральных показателя – обилие микробной биомассы и активность микробных дегидрогеназ.

Показатель обилия микробной биомассы в настоящее время широко используется в микробиологических исследованиях. Один из наиболее удобных и распространенных методов оценки микробной биомассы – фумигационно-экстракционный метод, состоящий в определении содержания углерода в микробной биомассе [38]. Метод дает надежные результаты, менее трудоемкий и требует меньших затрат времени.

Основанием для рекомендации этого показателя в качестве диагностического служит его тесная положительная взаимосвязь с содержанием Chwe (экстрагируемого горячей водой органического углерода). Активная фракция органического вещества включает негумифицированные соединения: алифатические и ароматические кислоты, углеводы, аминокислоты и их полимеры – полипептиды, белки, полисахариды, липиды [16]. Эта фракция легко утилизируется микроорганизмами и отличается быстрым круговоротом в почве. Содержание активной составляющей органического вещества важно для оценки влияния систем удобрения, севооборотов и других агротехнологий, так как именно активная часть органического вещества определяет устойчивость агросистемы [13].

Показатель Сбиомассы тесно положительно коррелирует с содержанием экстрагируемого горячей водой органического углерода (Chwe). В среднем за 4 года исследований коэффициент детерминации R^2 составил 0,95, по годам R^2 варьировали в пределах 0,92–0,96 ($P \leq 0,05$). Показатель Сбиомассы значительно меньше связан с содержанием гумуса в почве: по средним данным за 4 года коэффициент детерминации R^2 составил 0,53; по годам R^2 варьировали в пределах 0,34–0,60 (рис. 5).

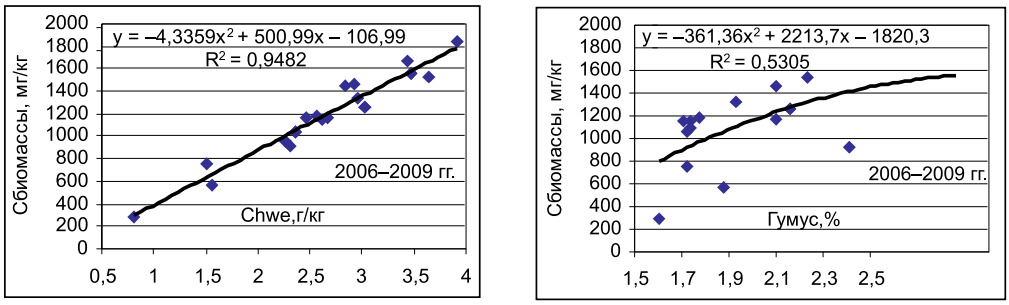


Рис. 5. Взаимосвязь Сбиомассы с содержанием гумуса и Chwe в дерново-подзолистой супесчаной почве (2006–2009 гг.)

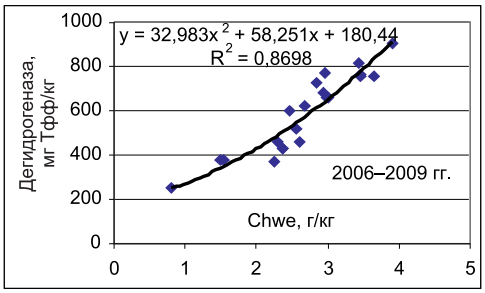
Определение двух микробиологических параметров – микробной биомассы и дегидрогеназной активности микробных сообществ почвы дает наиболее объективную информацию как об актуальной численности, так и о метаболической активности микробных сообществ почвы.

Как известно, дегидрогеназы имеются у абсолютного большинства микроорганизмов [39], они характеризуют интенсивность процессов дегидрирования органи-

ческих субстратов и метаболическую активность микрофлоры. В отличие от других ферментов, дегидрогеназы не имеют внеклеточного компонента, они не адсорбируются и не накапливаются в почве, дегидрирование органического субстрата идет за счет дегидрогеназ живых микробных клеток [40]. Именно поэтому дегидрогеназная активность относится к наиболее объективным характеристикам как актуальной численности, так и метаболической активности микробных сообществ почвы.

Дегидрогеназы катализируют процессы дегидрирования органических субстратов и играют роль промежуточных переносчиков водорода. Субстратами дегидрирования служат углеводы, органические кислоты, аминокислоты, спирты и гуминовые кислоты.

Установлено, что дегидрогеназная активность в значительно большей степени связана с содержанием разлагаемой фракции органического вещества (Chwe) и слабо коррелирует с содержанием гумуса в почве. По результатам корреляционно-регрессионного анализа теснота взаимосвязи дегидрогеназной активности с содержанием Chwe (экстрагируемого горячей водой органического углерода) характеризуется R^2 = 0,87, по годам исследований R^2 – в пределах 0,82–0,89. В меньшей степени активность дегидрогеназ связана с содержанием гумуса в почве. В среднем за четыре года уровень взаимосвязи характеризуется R^2 = 0,5, варьирование R^2 по годам исследований – в пределах 0,48–0,57 (рис. 6). Для определения активности дегидрогеназ наиболее часто используется модифицированный метод А.Ш. Галстяна [26].



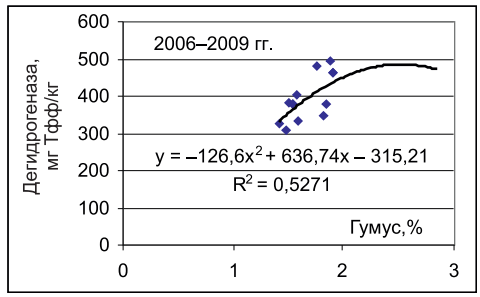


Рис. 6. Взаимосвязь активности дегидрогеназы с содержанием гумуса и Chwe в дерново-подзолистой супесчаной почве (2006-2009 гг.)

Таким образом, на основании длительных исследований по установлению влияния систем удобрения и обеспеченности элементами минерального питания на биологический статус дерново-подзолистых почв предложена система информативных биохимических и микробиологических показателей для биологического нормирования антропогенной нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. Для оценки биологического состояния почвы под влиянием антропогенной нагрузки предложены информативные биохимические и микробиологические показатели, позволяющие устанавливать активность и соотношение процессов минерализации и гумификации органических веществ, состояние и деятельность микробных сообществ почвы. Выбор биологических показателей был обусловлен

их ролью в циклах углерода и азота почвы, а также значимой корреляцией с соответствующими фракциями органического вещества почвы.

2. Активность минерализации в цикле углерода почвы целесообразно оценивать по деструкции целлюлозы, представляющей самый масштабный гидролитический процесс, а также по сопряженному с ним гидролизу олигосахаридов, в частности по инвертазной активности почвы.

3. Для оценки активности минерализационных процессов в цикле азота почвы целесообразно использовать активность амидогидролаз, действующих на завершающих стадиях универсального процесса аммонификации, в частности по уреазной активности почвы.

4. Биохимическая оценка активности минерализации в циклах углерода и азота почвы может быть проведена по относительным показателям целлюлозолитической, инвертазной и уреазной активности почвы.

5. Наиболее адекватную характеристику интенсивности гумификации ароматических соединений дает определение активности окислительных ферментов – полифенолоксидаз и пероксидаз, катализирующих окисление ароматических соединений до хинонов, которые конденсируются с аминокислотами и пептидами с образованием гуминовых кислот. Биохимическая оценка активности гумификации может быть проведена по относительным показателям полифенолоксидазной и пероксидазной активности почвы.

6. Соотношение показателей минерализации и гумификации целесообразно использовать для биохимической оценки направленности трансформации органических веществ под действием антропогенных факторов и установления экологически обоснованных аграрных технологий, способствующих сохранению плодородия почвы.

7. Объективную характеристику обилия и метаболической активности микробных сообществ почвы обеспечивает одновременное определение интегральных микробиологических показателей – содержание углерода в микробной биомассе и дегидрогеназная активность почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лапа, В.В.* Плодородие почв Республики Беларусь, проблемы и перспективы / В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1(44). – С. 7–14.

2. *Звягинцев, Д.Г.* Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.Л. Бабьева, Г.М. Зенова. – МГУ, 2005. – 445 с.

3. *Купревич, В.Ф.* Почвенная энзимология / В.Ф. Купревич, Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1966. – 274 с.

4. *Dick, R.P.* Soil enzyme activities as indicators of soil quality / R.P. Dick // Defining Soil Quality for a Sustainable Environment / Eds. J.W. Doran [et al.]. – Soil Science Society of America, Madison, 1994. – P. 107–124.

5. *Туев, Н.А.* Экологические проблемы интенсивного земледелия / Н.А. Туев // Вестн. с.-х. науки. – 1988. – № 6. – С. 91–95.

6. *Туев, Н.А.* Микробиологические процессы гумусообразования / Н.А. Туев. – М.: ВО Агропромиздат. – 1989. – 237 с.

7. *Ladd, J.N.* Origin and range of enzymes in soil / J.N. Ladd // Soil Enzymes / Ed. R.G. Burns. – Academic Press, London, 1978. – P. 51–96.

8. *Tabatabai, M.A*. Enzymes / M.A. Tabatabai // Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties / Eds. R.W. Weaver [et al.]. – Soil Science Society of America, Madison, 1994. – P. 775–833.

9. *Sariaslani, F.S.* Microbial enzymes for oxidation of organic molecules / Crit. Rev. Biotechnol. – 1989. – Vol. 9. – P. 171–257.

10. *Щербакова, Т.А.* Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т.А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.

11. *Boyd, S.A.* Enzyme interactions with clays and clay-organic matter complexes / S.A. Boyd, M.M. Mortland // Soil Biochemistry. – New York: Marcel Dekker, 1990. – P. 1–28.

12. *Schulz, E.* Characterization of the decomposable part of soil organic matter (SOM) and transformation processes by hot water extraction / E. Schulz, M. Korschens // Eurasian Soil Science. – 1998. – Vol. 31, № 7. – P. 809–813.

13. *Kubat, J.* Soil organic matter and its inert and decomposable part in arable soils in the Czech Republic / J. Kubat [et al.] // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1(36). – С. 40–49.

14. Определение гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО. ГОСТ 26213-84.

15. Anderson, D.W. Processes of humus formation and transformation in soils of Canadian Great Plains / D.W. Anderson // J. Soil Sci. – 1979. – Vol. 30. – P. 77–84.

16. *Schnitzer, M.* Soil organic matter. The next 75 years / M. Schnitzer // Soil Sci. – 1991. – Vol. 151. – P. 41–58.

17. Elucidation of the source and turnover of water soluble and microbial biomass carbon in agricultural soils / E.G. Gregorich, B.C. Liang, C.F. Drury, A.F. MacKenzie and W.B. McGill // Soil Biol. Biochem. – 2000. – Vol. 32. – P. 581–587.

18. *Павлючук, З*. Влияние потенциала почвенной влаги на ферментативную активность почвы: автореф. дис. …канд. биол наук: 06. 01. 03 / З. Павлючук; МГУ. – М., 1982. – 20 с.

19. *Карягина, Л.А.* Микробиологические основы повышения плодородия почв / Л.А. Карягина. – Минск: Наука и техника. – 1983. – 182 с.

20. *Міхайлоуская, Н.А.* Уплыў сельскагаспадарчых культур і ўмоў увільгатнення на ферментатыўную актыунасць дзярнова-падзолістай суглінкавай глебы / Н.А. Міхайлоуская // Вес. АН БССР. Сер. с/г навук. – 1991. – № 3. – С. 91–94.

21. Влияние систем удобрения на биологическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы / В.В. Лапа [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2014. – № 2. – С. 61–68.

22. Влияние систем удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 187–200.

23. *Михайловская, Н.А.* Влияние системы удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы / Н.А. Михайловская, О. Миканова, О.В. Рудько // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2(39). – С. 186–195.

24. *T.W. Speir, D.J. Ross*. Hydrolytic enzyme activities to assess soil degradation and recovery. In: R.P. Dick, R.G. Burns, eds. Enzymes in the environment: activity, ecology, and applications. – 2002. – P. 407–431.

25. *Deng, S.P.* Cellulase activity of soil / S.P Deng, M.A. Tabatabai // Soil Biol. Biochem. – 1994. – V. 26, № 10. – P. 1347–1354.

26. *Хазиев, Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М: Наука, 2005. – 252 с.

27. *Звягинцев, Д.Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–52.

28. *Bandick, A.K.* Field management effects on soil enzyme activities / A.K. Bandick and R.P. Dick // Soil Biol. Biochem. – 1999. – Vol. 31. – P. 1471–1479.

29. *Ceccanti, B.* Fractionation of humus-urease complexes / B. Ceccanti, P. Nannipieri, S. Cervelli and P. Sequi // Soil Biol. Biochem. – 1978. – Vol. 10. – P. 39–45.

30. *Kirk, T.K.* Enzymatic «combustion»: the microbial degradation of lignin / T.K. Kirk and R.L. Ferrell // Annu. Rev. Microbiol. – 1987. – V. 41. – P. 465–505.

31. *Кононова, М.М.* Органическое вещество почвы / М.М. Кононова. – М.: АН СССР, 1963. – 315 с.

32. *Александрова, Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – С. 122–133.

33. *Flaig, W.* Zur Umwandlung von Lignin in Humusstoffe / W. Flaig // Freiberger For schungen. – 962. – Vol. 254.

34. *Михайловская, Н.А.* Взаимосвязь активности оксидаз с содержанием разных фракций органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве / Н.А. Михайловская, О. Миканова // Вес. Нац. акад.навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2011. – № 1. – С. 37–44.

35. *Martin, J.P.* Comparison of the use of phenolase and peroxidase for the synthesis of model humic acid type polymers / J.P. Martin, K.A. Haider // Soil Sci. Soc. Amer. – 1980. – Vol. 44, № 5. – P. 983–988.

36. Ryan M.C. and R. Aravana, Combining ^{13}C natural abundance and fumigation extraction methods to investigate soil microbial biomass turnover / M.C. Ryan, R. Aravana // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26. – P. 1583–1585.

37. Jenkinson D.S. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil // J.R. Wilson, Editor, Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Systems, CAB Wallingford. – 1988. – P. 368–386.

38. *Vance, E.D.* An extraction method for measuring soil microbial biomass / E.D. Vance, P.C. Brookes, D.S. Jenkinson // C. Soil Biol. Biochem. – 1987. – Vol. 19. – P. 703– 707.

39. *Cashida, L.E.* Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations / L.E. Cashida // Appl. Environ. Microbiol. – 1977. – Vol. 34. – P. 630–636.

40. *Петерсон, Н.В.* Окислительно-восстановительные условия и дегидрогеназная активность в некоторых почвах западных областей Украины / Н.В. Петерсон // Научные труды Львовского СХИ. – 1968. – № 17. – С. 76–84.

41. *Петерсон, Н.В.* Источники образования пероксидазы в почве / Н.В. Петерсон, Г.Т. Периг // Почвоведение. – 1984. – № 9. – С. 70–77.

42. Significance of phenolic compounds in plant-soil microbial systems / J.O. Siqueira [et al.] // Crit. Rev. Plant Sci. – 1991. – Vol. 10. – P. 63–121.

43. *Ацци, Ж.* Сельскохозяйственная экология / Ж. Ацци. – М.: Ил, 1959. – 479 с.

44. *Мишустин, Е.Н.* Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. – М.: Наука, 1972. – 342 с.

45. *McLaren, A.D.* Soil as a system of humus and clay immobilized enzymes / A.D. McLaren // Chemica Scripta. – 1975. – Vol. 8. – P. 97–99.

46. *Skujins J.* History of abiotic soil enzyme research. In: R.G. Burns, Editor, Soil Enzymes, Academic Press, New York (1978), pp. 1–49.

47. *Галстян, А.Ш.* Ферментативная активность почв Армении / А.Ш. Галстян. – Ереван: Айастан, 1974. – 260 с.

48. *Карагіна, Л.А.* Вызначэнне актыунасці поліфенолаксідазы і пераксідазы у глебе / Л.А. Карагіна, Н.А. Міхайлоуская // Вес. АН БССР. Сер. с.-г. навук. – 1986. – № 2. – С. 40–41.

49. *Kandeler, E.* Effect of cattle slurry in grassland on microbial biomass and on activities of various enzymes / E. Kandeler, G. Eder // Biology and Fertility of Soils. – 1993. – Vol. 16. – P. 249–254.

BIOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS FOR ASSESSMENT OF ANTROPOGENIC FACTOR'S EFFECT ON SOIL FERTILITY

V.V. Lapa, N.A. Mikhailovskaya, T.B. Barashenko, T.V. Pogirnitskaya, S.V. Dyusova

Summary

For the characterization of biomass abundance and metabolic activity of soil microbial communities two integral parameters were proposed. Simultaneous determination of carbon content in microbial biomass and dehydrogenase activity give most objective information about soil microbiological status. Indicators for biochemical assessment of mineralization and humification activities and ratio in soil were proposed.

Поступила 25.09.14

УДК 631.47

К ВОПРОСУ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ СОЛИГОРСКОГО РАЙОНА

В.В. Северцов[1], Г.С. Цытрон[2], Д.В. Матыченков[2]

[1]Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

[2]Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени почвенный покров сельскохозяйственных земель Солигорского района трижды (1958–1962, 1975–1978, 2000–2001 гг.) картографирован в М 1:10 000. В этом же масштабе одиннадцать раз проведено агрохимическое обследование почв. К тому же Солигорский район является одним из приоритетных

в отношении проведения здесь научных исследований [1–8]. Однако результаты всех работ существуют в разрозненных источниках различной формы (почвенные карты, табличный материал, база данных агрохимического обследования, публикации, научные отчеты и др.). Формирование же адекватной современным условиям ведения сельскохозяйственного производства стратегии и тактики экономически выгодного и экологически безопасного использования почвенных ресурсов невозможно без своевременного и объективного обеспечения заинтересованных лиц информацией об их состоянии.

Такая задача решается посредством создания общих и специализированных баз данных о почвах на основе ГИС-технологий. Существующие к настоящему времени национальные почвенно-информационные системы [9–12] как основные, так и специализированные, характеризуют специфику почвообразования конкретной страны или её региона и ориентированы на решение задач данной страны, а международные [13–15] – носят весьма обобщенные характер и не могут отразить особенности и разнообразие почвенного покрова отдельного государства, не говоря уже о его регионе. Поэтому нами разработана методология создания единой Почвенной Информационной Системы Беларуси (ПИСБ) [16, 17], имеющей многоуровневую структуру построения, основанную на административно-территориально-хозяйственном делении республики и состоящую из трех баз данных: пространственно-координированной, атрибутивной и репрезентативной. К настоящему времени ПИСБ создана только на республиканском уровне. На более низких уровнях хозяйствования такие системы отсутствуют.

Поэтому нами предпринята попытка создания почвенно-информационной системы агроландшафтов Солигорского района и интерпретация всего инвентаризированного материала с целью максимального удовлетворения потребителя в необходимой почвенной информации в удобной и понятной для восприятия форме, что и отражено в данной публикации.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований явилось все разнообразие компонентного состава почвенного покрова агроландшафтов Солигорского района, представленное почвенной картой М 1:50 000 и аналитическим материалом РУП «Проектный институт Белгипрозем», публикационными, архивными и дополнительно созданными в ходе исследований источниками информации.

Методология создания геоинформационной характеристики почвенного покрова объектов исследования предусматривала инвентаризацию (сбор, ввод, хранение) всей существующей по разным источникам информации, её обработку и целевой анализ и осуществлялась согласно «Методике формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретации и использованию (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова)» [16], Методическим указаниям по созданию Почвенной Информационной Системы Беларуси [17] с применением программных пакетов ArcGIS и Microsoft Exel.

В основу оценки степени пригодности почв Солигорского района для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур положены разработки РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [18, 19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведение инвентаризации информации о почвенном покрове осуществлялось путем создания почвенной геоинформационной системы, которая базируется на сети разрезов, характеризующих неоднородность почвенного покрова. Расположение данных разрезов на территории осуществлялось с учетом пространственного варьирования факторов почвообразования, как при традиционном крупномасштабном картографировании почв. Все разрезы, входящие в сеть, имеют однозначную пространственную привязку (географические координаты, полученные с использованием GPS), а также, по возможности, полный набор химических, физических, физико-химических, морфологических и иных свойств, определенных по общепринятым методикам.

Геоинформационная система почвенного покрова агроландшафтов Солигорского района соответствует 3-му уровню обобщения ПИСБ (административный район) и состоит из трех баз: картографической (пространственно-координированной), атрибутивной (табличной) и репрезентативных почвенных профилей. Основным картографическим источником являлась почвенная карта Солигорского района М 1:50000, составленная УП «Проектный институт Белгипрозем» в 2003 г. традиционным способом. Данная почвенная карта использовалась в качестве растровой подложки при создании векторной почвенной карты исследуемой территории. Также на основании этой карты изготавливалась легенда векторной почвенной карты, содержащая 89 почвенных разновидностей (рис. 1).

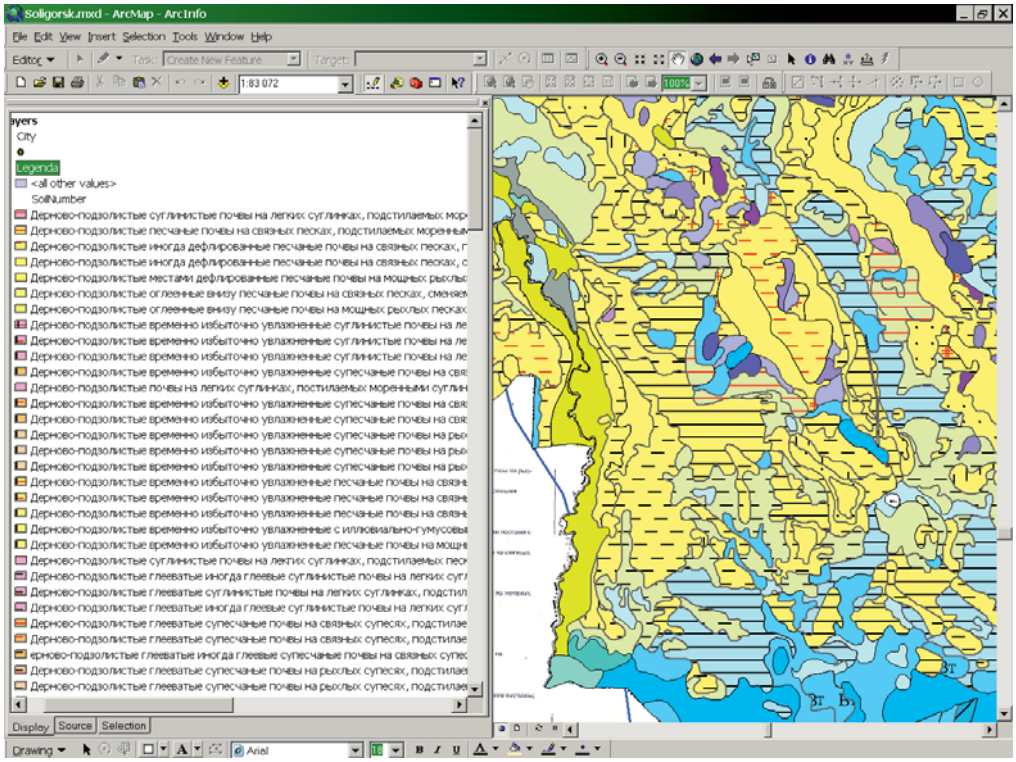


Рис. 1. Фрагмент почвенной карты Солигорского района с легендой

Параллельно с созданием пространственно-координированной базы данных (цифровой почвенной карты) создавалась атрибутивная база данных (таблица) по материалам III тура (2000–2001 гг.) крупномасштабного почвенного картографирования и по результатам, полученным в ходе выполнения данного исследования. В эту базу данных занесена информация по 1152 почвенным разрезам, 4042 почвенных горизонтам. Атрибутивная почвенная база Солигорского района (3-й уровень обобщения) в итоге содержит 114 016 записей по 69 полям (рис. 2).

№ п	Поле базы данных	Описание	Тип данных				
1	ID	Идентификатор	числовой				
2	Oblast	Область	текстовый	Минская область	Минская область	Минская область	Минская область
3	Region	Район	текстовый	Солигорский район	Солигорский район	Солигорский район	Солигорский район
4	Plant	Форма предприятия (СПК, колхоз и т.д.)	текстовый	СПК	СПК	СПК	СПК
5	Hoz	Название предприятия	текстовый	Большевик-агро	Большевик-агро	Большевик-агро	Большевик-агро
6	ID_Plot	Номер рабочего участка	числовой	117	117	117	117
7	N_Profile	Номер разреза	числовой	25	25	25	25
8	Date	Дата закладки разреза	дата	28.08.2007	28.08.2007	28.08.2007	28.08.2007
9	BD_Profile	Код базы данных по разрезу (например 1Л-99)	текстовый	11Х-07	11Х-07	11Х-07	11Х-07
10	Longitude	Долгота	координаты	27°22'31" в.д.	27°22'31" в.д.	27°22'31" в.д.	27°22'31" в.д.
11	Latitude	Широта	координаты	52°50'40" с.ш.	52°50'40" с.ш.	52°50'40" с.ш.	52°50'40" с.ш.
12	Altitude	Высота над уровнем моря *(м)*	числовой	156 м	156 м	156 м	156 м
13	Soil_Kod_2003	Классификационное положение почвы (на уровне разновидности) согласно Номенклатурного списка (2003 г.)	текстовый	дерново-палево-подзолистая супесчаная	дерново-палево-подзолистая супесчаная	дерново-палево-подзолистая супесчаная	дерново-палево-подзолистая супесчаная
14	Soil_Klass_2007	Классификационное положение почвы согласно новой национальной классификации (2007 г.)	текстовый	агродерново-подзолистая языковатая	агродерново-подзолистая языковатая	агродерново-подзолистая языковатая	агродерново-подзолистая языковатая
15	Soil_WRB_2006	Классификационное положение почвы в WRB (2006 г.)	текстовый	Umbric, Albeluvisols (Ruptic, Anthric)	Umbric, Albeluvisols (Ruptic, Anthric)	Umbric, Albeluvisols (Ruptic, Anthric)	Umbric, Albeluvisols (Ruptic, Anthric)
...	...	...	...	...	...	...	...
66	SBE	Сумма поглощенных оснований *(смоль$^{(+)}$·кг$^{-1}$)*	числовой	7	3,7	8,3	5,6
67	BSD	Степень насыщенности основаниями *(%)*	числовой	79	79	81	81
68	P2O5	Содержание подвижного фосфора (P_2O_5) *(мг/кг)*	числовой	146	89	57	30
69	K2O	Содержание подвижного калия (K_2O) *(мг/кг)*	числовой	274	47	46	46

Рис. 2. Фрагмент атрибутивной базы данных Солигорского района

База данных репрезентативных почвенных профилей агроландшафтов Солигорского района характеризует компонентный состав их почвенного покрова и представлена 16 разрезами. Почвы, разрезы которых представлены в данной базе, занимают доминирующие площади среди большого разнообразия почвенных разновидностей сельскохозяйственных земель или же характерны только для данной территории: агродерново-подзолистые почвы занимают 15,8 % площади пахотных земель, агродерново-подзолистые заболачиваемые почвы – 31,8 %, агродерново-заболачиваемые почвы – 13,0 %, аллювиальные агродерново-заболачиваемые почвы – 1,0 %, агроторфяные почвы – 29,7 %, аллювиальные агроиловато-торфяные почвы – 0,01 %. Антропогенно-преобразованные почвы занимают 8,7 % площади пахотных земель, из них 7,8 % приходится на дегроторфоземы. Характерными для данной территории являются химически загрязненные и техногенно-подтопленные почвы.

База данных репрезентативных профилей состоит из двух секций: секции почвенного профиля, включающего информацию о разрезе в целом – в ней приведена общая характеристика закладки почвенного разреза, классификационная принадлежность характеризуемой почвы, географическая привязка, дата закладки

профиля, а также ссылки на внешние источники информации, и секции почвенных горизонтов, содержащих полную информацию об их составах (гранулометрическом или ботаническом, минералогическом, валовом химическом, грунтовом и фракционном составе гумуса) и свойствах (физико-химических, водно-физических, агрохимических). То есть эта база данных содержит всю информацию, необходимую для идентификации почв конкретного региона: классификационной принадлежности, степени окультуренности, оценки плодородия, площадного распространения и т.д. (рис. 3).

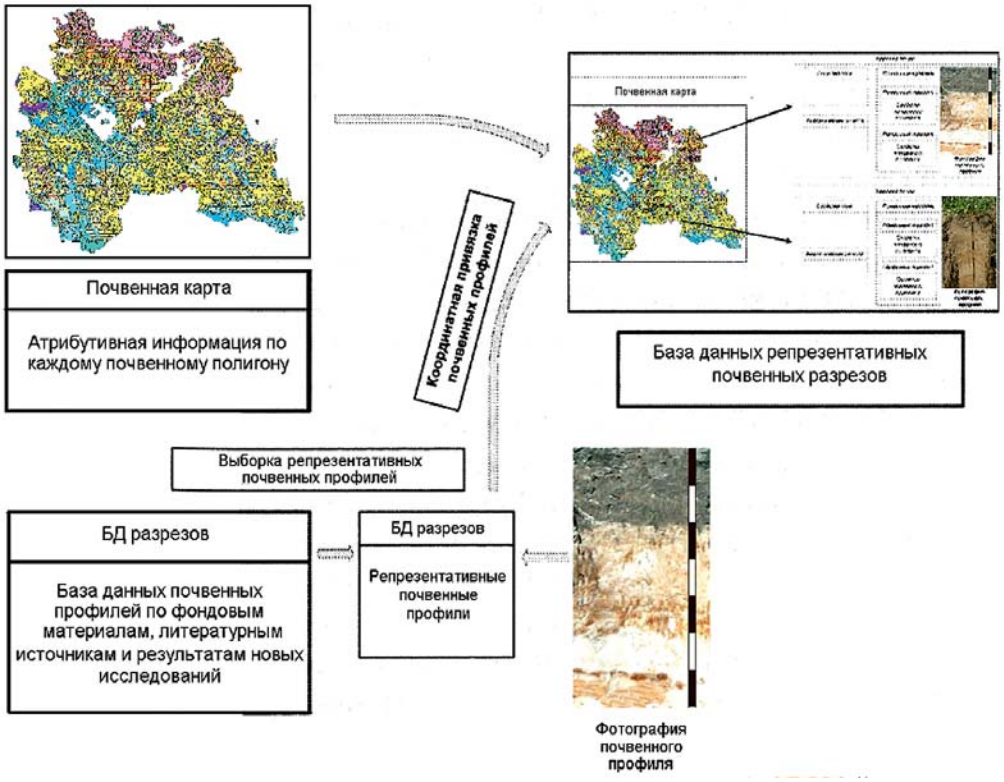


Рис. 3. Схема создания базы данных репрезентативных почвенных профилей

Учитывая структуру геоинформационной характеристики почвенного покрова, созданной для Солигорского района, определены несколько видов специализированных баз данных.

Специализированные базы данных – это базы данных по отдельным характеристикам почв, создаваемые для решения определенных задач.

Такие базы данных формируются двумя способами: самостоятельный сбор информации по разным источникам или же использование данных разных уровней общей почвенной геоинформационной системы.

Создание специализированных баз данных осуществляется поэтапно:

1) определение цели ее создания; 2) установление основных и дополнительных источников информации для более полного ее осуществления; 3) конвертирование информации из дополнительных источников в цифровую форму согласно

имеющейся основной базе данных о почвах; 4) определение реляционных связей между основной базой данных и дополнительной информацией; 5) формирование скомпилированных баз данных.

В общей сложности для территории Солигорского района нами определены следующие виды специализированных баз данных, различных по источникам информации и по виду конечной продукции (рис. 4):

- табличный материал (площадные данные по классификационной принадлежности почв, степени и характеру увлажнения, гранулометрическому составу почвообразующих и подстилающих пород, характеру строения профиля, по отдельным свойствам пахотных горизонтов; аналитическая характеристика почв по разрезам и др.);
- картограммы и картодиаграммы (по отдельным свойствам с привязкой к почвенной разновидности или с привязкой к рабочему участку по средним значениям; изменение свойств почв во времени; прогнозные изменения свойств почв и др.);
- простые и комплексные карты и картосхемы (распространение отдельных классификационных групп почв – типов, надподтипов, разновидностей; выявление преобладающих почв по степени увлажнения, гранулометрическому составу и строению пород; установление основных ареалов почв для гидротехнической мелиорации; выявление эродированных и эрозионноопасных почв, просадок; установление пригодности почв под отдельные сельскохозяйственные культуры, оптимизация землепользования и др.).

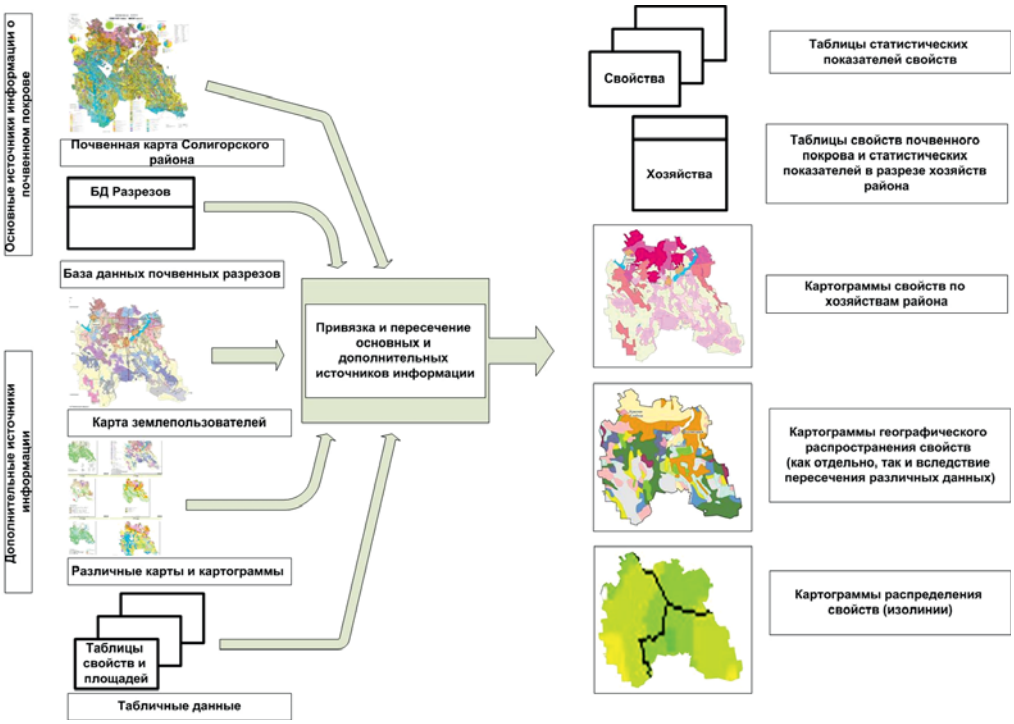


Рис. 4. Входные и выходные данные информационной системы специализированных почвенных баз данных Солигорского района

Базируясь на анализе основных подходов к оценке степени пригодности почв под основные сельскохозяйственные культуры, и базах данных ПИСБ, нами созданы картограммы пригодности почв агроландшафтов Солигорского района под конкретные сельскохозяйственные культуры: озимую пшеницу, озимое тритикале, яровую пшеницу, ячмень, лен, сахарную свеклу, озимый рапс и др. (рис. 5).

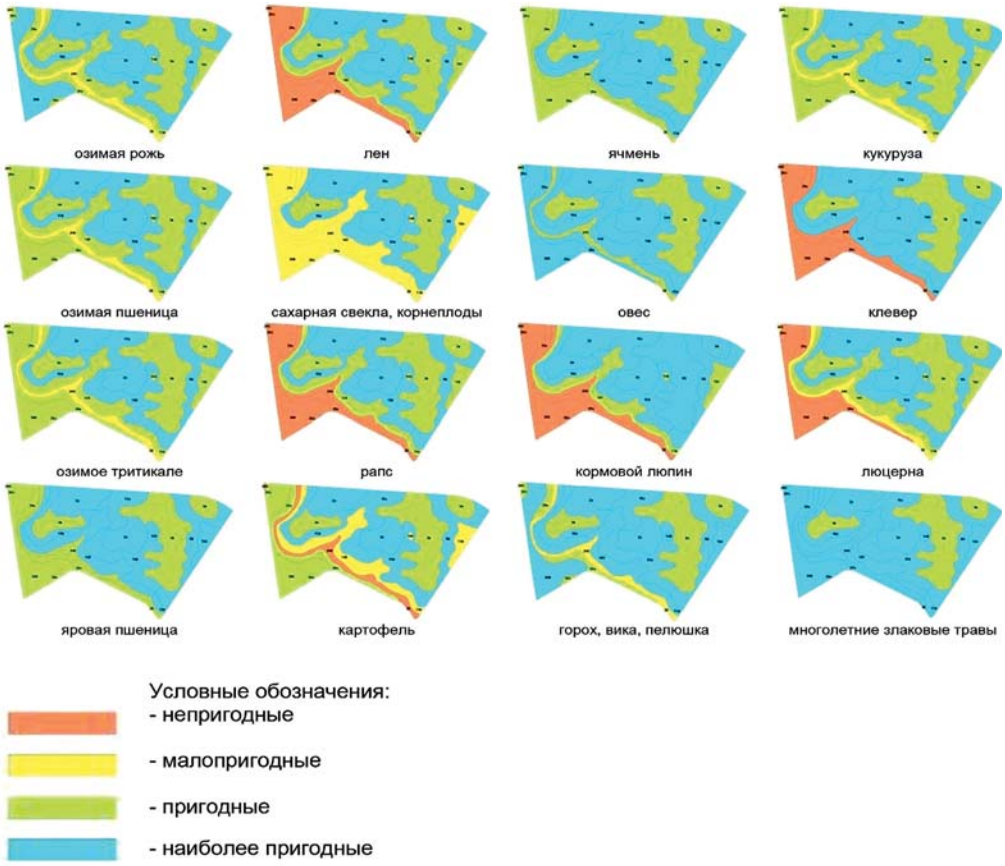


Рис. 5. Картосхемы пригодности почв Солигорского района (фрагмент) для выращивания сельскохозяйственных культур (на основе общей агропроизводственной группировки почв)

Основой явился банк данных, состоящий из электронной почвенной картыСолигорского района М 1:50000 и аналитической базы данных, в которой собрана вся информация (качественная и количественная) о компонентах почвенного покрова данной территории, а также знания по биологическим требованиям отдельных сельскохозяйственных культур к месту произрастания.

При определении степени пригодности почв под конкретную культуру учитывались не только их генетические особенности, но и их современное агроэкологическое состояние (кислотность, содержание гумуса, фосфора и калия, эродированность, завалуненность и др.), что позволило более точно определить степень пригодности почв того или иного уровня землепользования для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур (рис. 6).

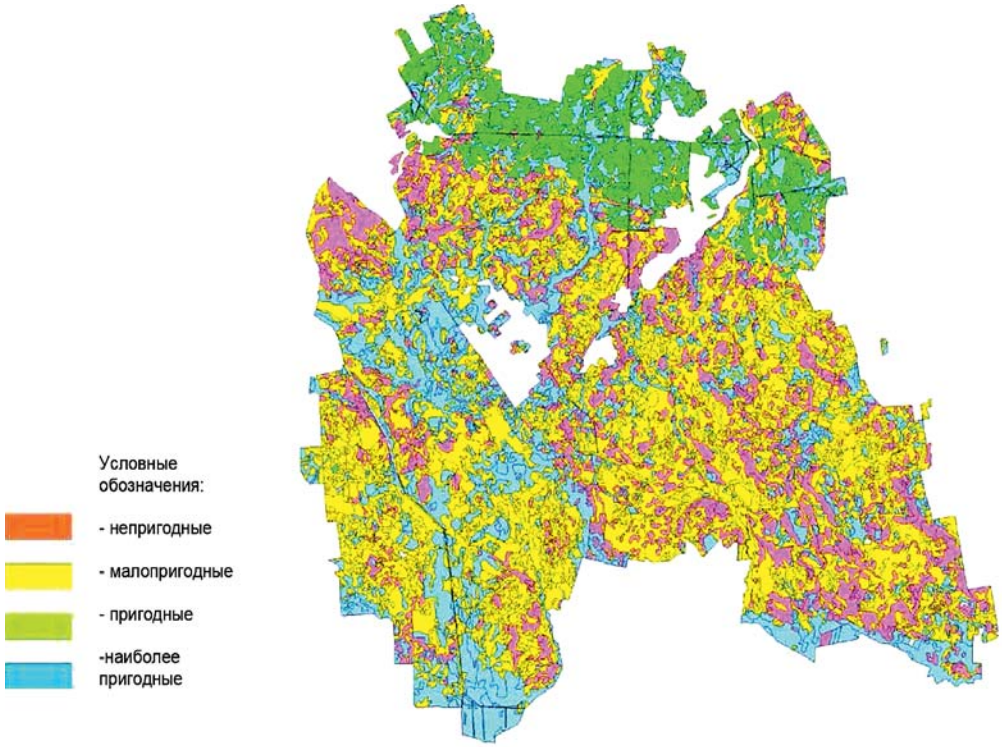


Рис. 6. Картосхема пригодности почв Солигорского района (фрагмент) для выращивания озимой пшеницы (на основе общей агропроизводственной группировки почв)

В целом по Солигорскому району площади пригодных почв для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур, колеблются от 39,1 % под ячмень до 20,6 % под лен.

ВЫВОДЫ

1. Геоинформационная система характеристики почвенного покрова агроландшафтов Солигорского района представляет собой 3-ий уровень обобщения Почвенной Информационной Системы Беларуси (ПИСБ).
2. Структура её построения и содержание взаимосвязаны с ПИСБ и строго подчинены ей.
3. Почвенно-информационная система Солигорского района состоит из трех баз: картографической, атрибутивной и базы данных репрезентативных профилей.
4. Сконцентрированная в этой системе информация по почвам является основой для создания специализированных баз данных по решению конкретных задач как теоретического, так и практического характера.
5. Созданные на основе баз данных почвенно-информационной системы картограммы пригодности почв под отдельные сельскохозяйственные культуры представляют собой геоинформационные модели рационального использования почвенных ресурсов агроландшафтов Солигорского района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пространственное распределение химических загрязнителей в почвах территорий, прилегающих к предприятиям ПО «Беларуськалий» / С.Е. Головатый [и др.] // Почвоведение. – 2008. – № 1(40). – С. 297–306.

2. *Цытрон, Г.С.* К вопросу выделения степеней деградации осушенных торфяных почв Беларуси / Г.С. Цытрон, Т.Н. Азарёнок, В.А. Калюк // Земляробства і ахова раслін. – 2013. – № 6. – С. 37–40.

3. Методические указания по обследованию почв в зоне действия Солигорского калийного комбината / Н.И. Смеян [и др.]. – Минск, 1989. – 8 с.

4. *Азаренок, Т.Н.* Агрогенная трансформация почв и почвенного покрова осушенных земель Солигорского района / Т.Н. Азаренок, Н.И. Смеян, Г.С. Цытрон // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 70–78.

5. *Смеян, Н.И.* Влияние различных факторов на оценку плодородия пахотных земель Солигорского района / Н.И. Смеян, Л.И. Шибут, Т.Н. Азаренок // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2(39). – С. 54–60.

6. Отражательная способность антропогенно-преобразованных органогенных почв Белорусского Полесья и их диагностика / Г.С. Цытрон [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С.84–91.

7. *Жигарев, П.Ф.* Влияние промышленных отходов комбината «Беларуськалий» на засоление окружающих почв: автореф. … дис. канд. с.-х. наук: 06.01.03 / П.Ф. Жигарев; БГУ. – Минск,1975. – 28 с.

8. *Ивлева, С.Н.* Изменение ферментативной активности дерново-подзолистой почвы под влиянием промышленных отходов Солигорского калийного комбината / С.Н. Ивлева, Н.А. Шимко // Современные проблемы использования и почвенных ресурсов и повышение их производительной способности: материалы Междунар. науч.-произв. конф., Горки, 11–15 ноября, 1997 г. / БГСХА; редкол. Н.И. Смеян [и др.]. – Горки, 1997. – С. 206–208.

9. Australian Soil Resource Information System, ASRIS [Electronic resource]. Режим доступа: http://www.asris.csiro.au/index_other.html

10. National Cooperative Soil Survey (Web Soil Survey) [Electronic resource]. Mode of access: http://websoilsurvey.nrcs.usda.gov

11. *Stolbovoi V., McCallum I.* Land Resources of Russia [Electronic resource], International Institute for Applied Systems Analysis and the Russian Academy of Science / Электрон. дан. и прогр. – Laxenburg, 2002. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

12. The National Soil Data Base of Canada [Electronic resource]. Mode of access: http://sis.agr.ca/cansis/nsdb/intro.html

13. *Engelen V.W.P. van, Wen T.T.* Global and National Soil Terrain Digital Databases (SOTER) // Proc. Manual. ISRIC, 1995. – 125 p.

14. Land Information System [Electronic resource]. Mode of access: http://www.landis.org.uk/gateway/ooi/nm2000.cfm

15. MARS (Monitoring Agriculture with Remote Sensing [Electronic resource]. Режим доступа: http://mars.jrc.ec.europa.eu/

16. Методика формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретация и использование (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова) / Г.С. Цытрон [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 44 с.

17. *Цытрон, Г.С.* Методические указания по созданию Почвенной Информационной Системы Беларуси / Г.С. Цытрон, Д.В. Матыченков, В.В. Северцов. – Минск, 2011. – 48 с.

18. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 63 с.

19. *Смеян, Н.И.* Пригодность почв БССР под основные сельскохозяйственные культуры / Н.И. Смеян. – Минск: Ураджай, 1980. – 175 с.

ON THE ISSUE OF THE INFORMATION SUPPORT FOR THE RATIONAL USE OF SOIL RESOURCES OF SOLIGORSK REGION

V.V. Severtsov, G.S. Tsytron, D.V. Matychenkov

Summary

The article presents results of research on the soil information system of Soligorsk region agricultural landscapes and shows the possibility of using the inventoried information for the soil resources management by the example of determining the degree of soil suitability for specific crops.

Поступила 21.10.14

УДК 631.43

ВЛИЯНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАХОТНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

С.И. Крылач

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время установлено, что одним из основных факторов, оказывающих влияние на рост, глубину проникновения и развитие корней растений являются агрофизические свойства почвы. Они учитываются при теоретическом обосновании систем обработки почв, севооборотов и мелиораций, целью которых является улучшение почвенных условий произрастания и развития сельскохозяйственных культур [1].

Основными параметрами, определяющими физические свойства почв и оказывающих решающее влияние на урожай, являются ее структура и плотность сложения [1].

Хорошо известно, что структурная почва способна экономно использовать влагу, уменьшая непродуктивное испарение и стимулируя транспирацию расте-

ний за счет ее рационального размещения внутри агрегатов [2]. Отметим, что наивысшая пористость наблюдается в макроструктурных черноземных почвах. Чем структурнее почва, тем лучше она выполняет функции регуляции плотности [3]. Но структура почвы может существенно влиять на условия жизни растений лишь через плотность, водный и тепловой режимы и связанные с ними условия развития микроорганизмов и образования, доступных для растений питательных элементов в почве [4]. Влияние плотности на свойства почвы и жизнедеятельность растений многогранно. Она влияет на накопление влаги и питательных веществ, на соотношение воды и воздуха в почве [5].

Несмотря на то, что физическим свойствам почв в последнее время уделяют много внимания, вопрос об их влиянии на всхожесть и корневую систему проростков сельскохозяйственных культур все еще изучен недостаточно. Поэтому создание оптимальных параметров плотности и структуры посевного слоя почвы является главным вопросом современного земледелия.

Рабочие органы сельскохозяйственных машин негативно влияют на агрофизические параметры почвы. Интенсивное использование черноземных почв приводит к потере структурности, ухудшению таких показателей как влажность и плотность, что в конечном итоге приводит к снижению плодородия почвы [6].

Установлено, что чем лучше физические свойства почв и чем выше потенциал образования в них водоустойчивой структуры агрономически полезного размера, тем меньше они нуждаются в механическом рыхлении. Такая почва и без обработки способна поддерживать оптимальные физические условия в корнеобитаемом слое в течение вегетации культур [7].

Цель наших исследований – установить оптимальные параметры агрофизических свойств отдельных частей посевного слоя почвы для прорастания сельскохозяйственных культур с разным размером семян с целью дифференциации способов предпосевной обработки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в условиях вегетационных опытов. Объектом исследований было избрано три полевые культуры с разным размером семян: кукуруза (гибрид Монолит МВ), яровая пшеница (сорт Харьковская–30) и просо (сорт Слобожанский). Почва – чернозём типичный тяжёлосуглинистый малогумусный на лессовидном суглинке с такими параметрами: pH солевой – 6,2, гидролитическая кислотность –1,4 ммоль/100 г, содержание общего гумуса – 5,1%, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 253 и 472 мг/кг.

Вегетационный опыт был заложен в пластиковых сосудах емкостью 5 дм^3 в трехкратном повторении. Общую массу почвы просеяли через сито с диаметром отверстий 10 мм засыпав часть почвы в сосуд ее уплотнили, создав, таким образом, подсеменной слой разной плотности. Изучаемые уровни варьирования плотности подсеменного слоя почвы: низкий (<1,1 г/см^3), средний (1,1-1,3 г/см^3) и высокий (>1,3 г/см^3). На этот слой высевали предварительно увлажненные семена растений и прикрывали сверху слоем почвы разного структурного состояния. Размер структурных агрегатов надсеменного слоя почвы: 0,5–3; 3–10 и 10–20 мм. В опыте изучали разные уровни увлажнения почвы: высокий (1,0 наименьшей влагоемкости – НВ), средний (0,75 НВ) и низкий (0,50 НВ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что агрофизические параметры посевного слоя почвы значительно влияют на прорастание сельскохозяйственных культур с разным размером семян. Отмечается, что на вариантах с низким уровнем уплотнения подсеменого слоя почвы уже на третий день после посева наблюдаются всходы всех выращиваемых культур. Исключением был вариант с низким уровнем увлажнения при размере структурных агрегатов надсеменного слоя почвы 3–10 мм и 10–20 мм, где всходы культур появились на несколько дней позднее, что обусловило в дальнейшем отставание в развитии.

Неравномерность появления всходов и увеличение периода произрастания кукурузы наблюдалась на варианте со средним уровнем уплотнения и низким уровнем увлажнения почвы. Наблюдалась зависимость снижения энергии прорастания семян кукурузы при увеличении плотности подсеменного слоя почвы (табл. 1). Для яровой пшеницы повышение уровня уплотнения и увеличение размера структурных агрегатов 10–20 мм при высоком увлажнении привело к более позднему появлению всходов (с опозданием на один день). Установлено, что высокий уровень уплотнения почвы негативно влияет на скорость и энергию произрастания яровой пшеницы. Для проса общее количество проростков на варианте со средним уплотнением и низким увлажнением почвы при размере структурных агрегатов 10–20 мм уменьшилось на 50 % по сравнению с другими вариантами. В ходе проведения исследований на этом варианте отмечено не только уменьшение количества проростков, но и снижение энергии, скорости и дружности произрастания растений проса. Следует отметить, что снижение скорости прорастания растений отмечается и при высокой плотности и влажности при размере структурных агрегатов 10–20 мм.

Таблица 1

Влияние агрофизических параметров посевного слоя почвы на прорастание сельскохозяйственных культур

Плотность, г/см^3	Структура, мм	Влажность, доля от НВ	Культура											
			кукуруза	яровая пшеница	просо	кукуруза	яровая пшеница	просо	кукуруза	яровая пшеница	просо	кукуруза	яровая пшеница	просо
			Полная всхожесть, %			Энергия прорастания Э[1)]			Дружность прорастания Д[2)]			Скорость прорастания С[3)]		
<1,1	0,5–3	1,00	89	59	100	53	56	50	18	10	20	80	36	93
		0,75	72	70	96	67	67	63	14	12	19	68	44	91
		0,50	89	56	96	42	52	37	18	9	19	71	47	73
	3–10	1,00	100	59	100	50	59	61	20	10	20	89	36	94
		0,75	78	59	93	39	44	46	16	10	19	64	29	76
		0,50	89	52	96	40	44	46	18	9	19	74	27	67
	10–20	1,00	67	59	96	44	56	65	13	10	19	61	30	87
		0,75	83	67	96	69	63	43	17	11	19	81	48	79
		0,50	100	63	74	50	59	37	20	10	15	83	31	32

Окончание табл. 1

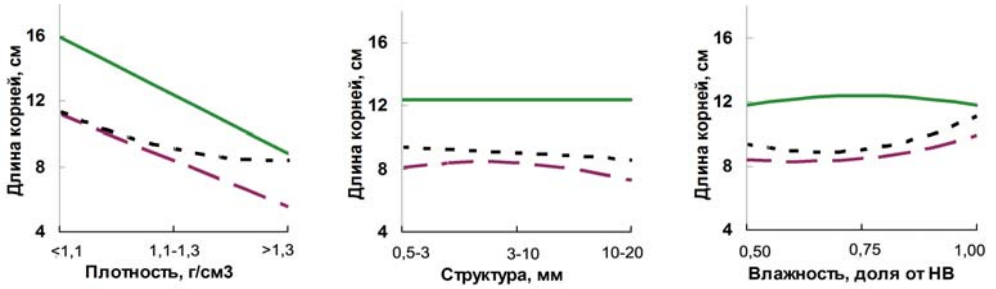
Плотность, г/см³	Структура, мм	Влажность, доля от НВ	Культура											
			кукуруза	яровая пшеница	просо	кукуруза	яровая пшеница	просо	кукуруза	яровая пшеница	просо	кукуруза	яровая пшеница	просо
			Полная всхожесть, %			Энергия прорастания Э[1)]			Дружность прорастания Д[2)]			Скорость прорастания С[3)]		
1,1–1,3	0,5–3	1,00	72	41	96	44	37	65	14	7	19	67	21	93
		0,75	83	44	100	42	41	50	17	7	20	69	19	94
		0,50	61	44	96	36	41	60	12	7	19	44	21	79
	3–10	1,00	67	52	93	33	48	78	13	9	19	56	24	91
		0,75	83	37	100	42	37	67	17	6	20	75	15	96
		0,50	83	48	100	42	44	50	17	8	20	53	25	81
	10–20	1,00	89	52	96	56	44	48	18	9	19	81	18	67
		0,75	89	44	85	44	44	39	18	7	17	78	21	59
		0,50	78	48	41	41	48	18	16	8	8	56	23	22
>1,3	0,5–3	1,00	83	48	96	42	37	48	17	8	19	53	19	89
		0,75	83	33	89	42	30	44	17	6	18	72	13	76
		0,50	94	52	100	33	44	44	19	9	20	54	19	72
	3–10	1,00	78	33	100	30	30	50	16	6	20	59	15	87
		0,75	83	56	100	42	56	44	17	9	20	64	25	77
		0,50	100	44	81	44	26	38	20	7	16	43	14	33
	10–20	1,00	78	48	81	39	22	41	16	8	16	44	16	22
		0,75	94	44	85	37	37	32	19	7	17	69	18	49
		0,50	94	41	74	53	37	28	19	7	12	42	18	32

1) Э – количество проростков за 3 дня от начала произрастания, %.
2) Д = полная всхожесть/количество дней произрастания, % / сутки.
3) С = а + б/2 + в/3 +г /4, где а, б,в, г – штук проростков за 3-й, 4-й, 5-й и 6-й дни, % / сутки.

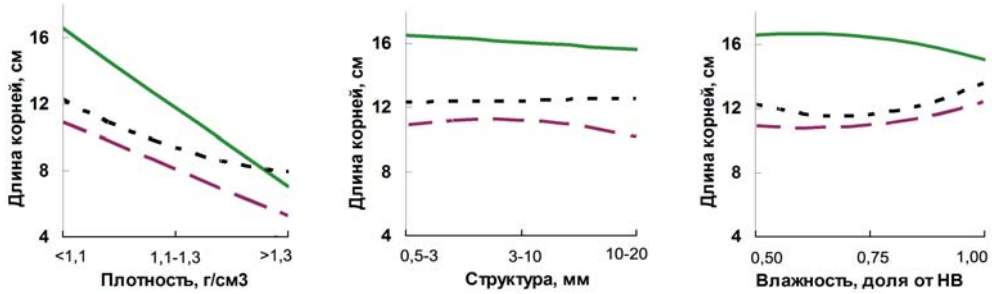
Данные таблицы свидетельствуют о том, что увеличение уплотнения подсеменного слоя почвы приводит к ухудшению прорастания сельскохозяйственных культур. Отмечается, что низкий уровень увлажнения с размером структурных агрегатов надсеменного слоя почвы 10–20 мм независимо от изучаемых уровней уплотнения подсеменного слоя приводит к снижению энергии, дружности, скорости и в целом общего количества проросших растений проса. В дальнейшем на вариантах с низким уровнем уплотнения почвы наблюдали лучшее развитие растений, за счет чего увеличивалась вегетативная масса. Установлено, что при размере структурных агрегатов надсеменного слоя 10–20 мм и низком уровне увлажнения несколько замедляется появление 2-го и 3-го листков яровой пшеницы и кукурузы. Для растений проса отмечено, что высокий уровень уплотнения подсеменного слоя при размере структурных агрегатов надсеменого слоя почвы 10–20 мм и высокий уровень увлажнения приводят к отставанию их развития: у 40 % растений 3-й лист так и не появился.

При математической обработке данных [8] были рассчитаны уравнения регрессии, вычислено значение длины корневой системы при изменении каждого

фактора отдельно при фиксированных значениях остальных факторов и построены графики зависимости (рис. 1). По критерию Фишера построенные модели значимы и объясняют 79–88 % изменчивости результирующего фактора (длина корневой системы).



а) при средних значениях других факторов

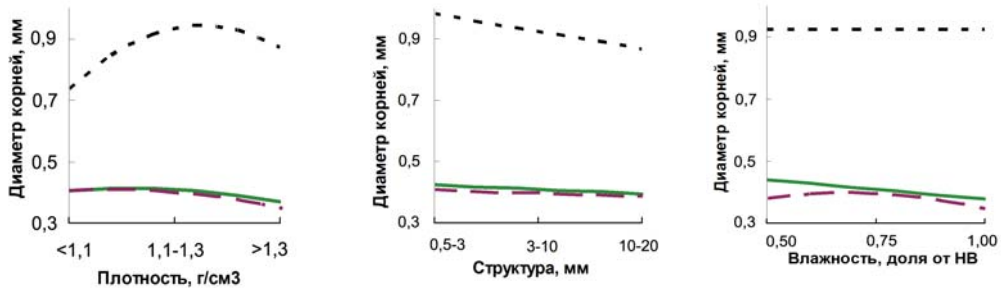


б) при минимальных значениях других факторов

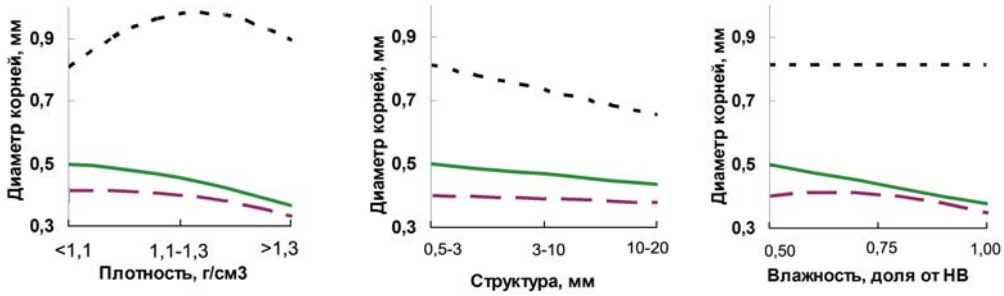
Рис. 1. Зависимость длины корневой системы выращиваемых культур от агрофизических параметров посевного слоя почвы

В результате исследований выявлена тенденция к увеличению длины корневой системы растений при снижении плотности подсеменного слоя почвы, что отмечается как при средних, так и при минимальных значениях изучаемых факторов. Установлена зависимость уменьшения длины корней яровой пшеницы и кукурузы при увеличении размера структурных агрегатов надсеменного слоя почвы. Для кукурузы такая зависимость отмечается лишь при средних значениях сопутствующих факторов. Для проса отмечается незначительное уменьшение длины корней при размере структурных агрегатов почвы от 10 до 20 мм. Отмечается увеличение длины корней проса и кукурузы при низком уровне увлажнения, что связано с потребностью растений искать влагу в нижележащих слоях почвы. При недостатке влаги у растений сдерживается рост надземной массы и усиливается рост корней, что приводит к уменьшению их урожайности [9]. Наиболее оптимальным является средний уровень увлажнения.

Построенные модели зависимости диаметра корней от изучаемых факторов являются значимыми и объясняют 61–75 % изменчивости диаметра корневой системы (рис. 2).



а) при средних значениях других факторов



б) при минимальных значениях других факторов

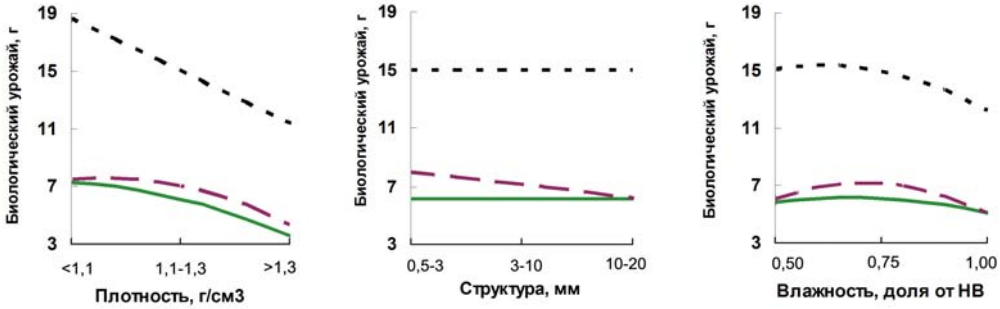
Рис. 2. Зависимость диаметра корневой системы выращиваемых культур от агрофизических параметров посевного слоя почвы

Полученные данные свидетельствуют о том, что увеличение размера структурных агрегатов почвы негативно влияет на диаметр корней выращиваемых культур. Установлено, что высокий уровень уплотнения подсеменного слоя почвы приводит к уменьшению диаметра корней выращиваемых культур, как при средних, так и минимальных значениях остальных факторов. Для кукурузы уменьшение диаметра корней происходит как при высоком, так и низком уплотнении подсеменного слоя почвы. Следует отметить, что при низком уровне уплотнения почвы происходит не только уменьшение диаметра, но и увеличение длины корней кукурузы. Это явление может способствовать обрыванию молодых корней в процессе увлажнения – высыхания почвы.

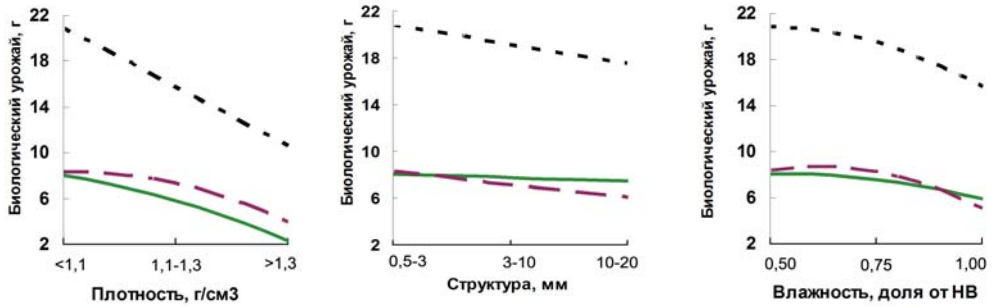
Изучение роста и развития растений позволило сделать вывод о том, что увеличение длины или диаметра корней не всегда способствует повышению урожайных данных. Для получения достоверных данных нужно изучение нескольких параметров корневой системы.

На рис. 3 изображены графики зависимости биологического урожая сельскохозяйственных культур от агрофизических параметров посевного слоя почвы.

По критерию Фишера построенные модели являются значимыми и объясняют 84–96 % изменчивости биологического урожая культур.



а) при средних значениях других факторов



б) при минимальных значениях других факторов

Кукуруза Яровая пшеница Просо

Рис. 3. Зависимость биологического урожая выращиваемых культур от агрофизических параметров посевного слоя почвы

Результаты исследований показали, что увеличение размера структурных агрегатов надсеменного и плотности сложения подсеменного слоев почвы приводит к снижению урожая выращиваемых культур. Только для яровой пшеницы размер структурных агрегатов надсеменного слоя почвы оказывал влияния на величину биологического урожая лишь при минимальных значениях других факторов. Низкий уровень увлажнения почвы приводит к снижению урожая изучаемых культур. Оптимальным для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур был средний уровень увлажнения почвы.

ВЫВОДЫ

1. Агрофизические параметры посевного слоя почвы значительно влияют на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Высокий уровень уплотнения подсеменного слоя и размер структурных агрегатов 10–20 мм надсеменного слоя почвы приводит к снижению энергии, дружности и скорости прорастания выращиваемых культур.

2. Высокий уровень уплотнения подсеменного слоя при размере структурных агрегатов надсеменного слоя почвы от 10 до 20 мм приводит к уменьшению длины и диаметра корней. В результате уменьшение уровня увлажнения почвы происходит увеличение длины при уменьшении диаметра корней яровой пшеницы и проса, что может в дальнейшем привести к обрыванию молодых корешков в процессе увлажнения – высыхания почвы.

3. Установлено увеличение длины и уменьшение диаметра корневой системы исследуемых культур в ходе оценки влияния структуры и влажности почвы при средних значениях неоцениваемых свойств. Возможно, это свидетельствует об усилении влияния внутриагрегатных пор или других параметров почвы.

4. Установлена тенденция снижения биологического урожая выращиваемых культур при увеличении плотности подсеменного и увеличение размеров структурных агрегатов надсеменного слоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев, В.В.* Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 160 с.

2. *Медведев, В.В.* Структура почвы / В.В. Медведев. – Х.: 13 типография, 2008. – 405 с.

3. Екологічні проблеми землеробства [Електронний ресурс] / І.Д. Примак [та ін.]. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с. http://sg.dt-kt.net/books/book-5/.

4. *Ревут, И.Б.* Физика почв / И.Б. Ревут. – Ленинград: Колос, 1964. – 318 с.

5. *Вальков, В.Ф.* Почвенная экология сельскохозяйственных растений / В.Ф. Вальков. – М.: Агропромиздат, 1986. – 206 с.

6. *Гепенко, О.В.* Зміна показників родючості чорнозему типового під впливом антропогенного навантаження / О.В. Гепенко // Вісник ХНАУ імені В.В. Докучаєва. – 2010. – № 4. – С. 126–129

7. *Медведев, В.В.* Физические свойства и обработка почв в Украине / В.В. Медведев. – Х.: Городская типография, 2013. – 224 с.

8. *Єгоршин, О.О.* Планування і математична обробка багатофакторних дослідів / О.О. Єгоршин, М.В. Лісовий. – Х.: КП «Міська друкарня», 2009. – 32 с.

9. *Станков, Н.З.* Корневая система полевых культур / Н.З. Станков. – М.: Колос, 1964. – 280 с.

EFFECT OF AGROPHYSICAL PARAMETERS OF ARABLE LAYER ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL CROPS

S.I. Krylach

Summary

The results of model vegetative experience on studying the influence of agrophysical parameters of arable soil layer on the germination and development of agricultural crops with different size seeds are presented. It was established that the improvement of agrophysical parameters of arable soil layer leads not only to the energy increase, the speed and harmonious germination, but also to the crop increase in general.

Поступила 13.10.14

УДК 631.86:631.4:3631.442.1

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕСЧАНЫХ ПУСТЫННЫХ ПОЧВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕЛИОРАНТОВ

Г.А. Соколов

Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Проблемы озеленения и сельскохозяйственного освоения пустынных и полупустынных земель актуальны, прежде всего, в связи с необходимостью производства продовольствия для быстро увеличивающегося населения в странах Африки и Среднего Востока и создания искусственных лесных массивов, как минимум, вокруг крупных городов для обеспечения комфортной среды проживания населения. Указанные проблемы могут еще более усугубиться в связи с потеплением климата, и если не принять должных мер к озеленению пустынь, то в скором времени в странах умеренного климата, прежде всего Европы, количество климатических беженцев из стран Африки и Азии может возрасти значительно [1].

В аридной и семиаридной зонах первичному освоению подлежат пустынные и полупустынные земли, практически не содержащие органического вещества. На Аравийском полуострове и в Африке это в основном развеваемые ветром пески. Песчаные пустынные почвы представляют собой наибольшую трудность для освоения в связи с перемещением их ветром. Скорость расширения пустыни Сахара составляет до 17 км в год, а скорость передвижения песков, на примере китайских пустынь, такова, что для крупнейшего города страны Пекина существует реальная угроза через 40 лет быть подвергнутым их атаке, если не принять должных мер [2]. Попытки японских и китайских специалистов озеленить песчаные пустынные территории и остановить их экспансию путем мелиорации торфом оказались безуспешными из-за необходимости внесения в обрабатываемый слой 5–8 % торфа от общей массы этого слоя, что экономически нецелесообразно [3].

Передвижение песков представляет большую проблему при обслуживании дорог в пустынях, например, в ОАЭ ежедневно приходится убирать с дорожного покрытия принесенный ветром песок. Решение проблемы передвижения песков видится в создании и внедрении технологии оструктуривания поверхностных слоев песчаных отложений с формированием агрономически ценной дефляционно-устойчивой структуры с размерами агрегатов, исключающими перенос ветром, в сочетании с озеленением обочин дорог путем создания многоярусных долголетних лесополос.

С другой стороны, имеется ряд объективных предпосылок для организации широкого внедрения методов получения продовольствия в названных регионах, так как здесь, в отличие от зоны умеренного климата, достаточно тепла и солнечных дней, поэтому можно гарантированно получать по 2–4 урожая в год, если организовать орошение и оптимизировать свойства почв. Содержание песчаных почвах частиц с размерами менее 0,01 мм колеблется от 1 до 5 %, что в пересчете

на массу сухого вещества обрабатываемого слоя составляет от 30 до 150 т/га. Эти частицы, имеющие огромную поверхность и обладающие высокой сорбционной способностью, не насыщены элементами питания растений. Поэтому при внесении минеральных удобрений в такие почвы происходит быстрое связывание азота и фосфора, в меньшей степени калия с переходом питательных веществ в недоступные для растений формы. Сельскохозяйственные производители зоны пустынь и полупустынь знают эти особенности местных почв, поэтому при первичном освоении земель применяют повышенные дозы минеральных удобрений, в частности, до 700 кг/га азота (в отдельных случаях свыше 1000 кг), что в разы больше, чем на старопахотных землях.

В связи с этим роль органических сбалансированных почвоулучшителей исключительно велика, и с учетом специфики региона, мелиоранты, предназначенные к применению на пустынных землях в условиях аридного и семиаридного климата, должны обладать: способностью удерживать и предохранять почву от испарения влаги; обогащать её устойчивыми формами гумуса, минеральными и органоминеральными коллоидными частицами, устойчивыми к разрушению и обеспечивающими многолетний положительный эффект по комплексному улучшению физических, химических и биологических свойств почв, в том числе, их пищевого и водного режимов на десятки лет; не допускать контакта между элементами минерального питания, содержащимися в мелиоранте, и мелкодисперсными частицами почвенного поглощающего комплекса.

Цель исследований – проследить изменения ряда свойств песчаных пустынных земель под воздействием применения почвоулучшителей разной природы, установить возможность снижения расхода воды на орошение при их освоении.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Нами выполнены трехлетние полевые опыты по первичному освоению песчаной почвы, расположенной в семиаридной зоне Египта. Опытная территория площадью около 20 га выбрана Министерством лесного хозяйства Египта в Соляной долине (Wadi El Natrun), расположенной в Западной пустыне страны между городами Александрия и Садат, примерно в 120 км на север от Каира. Почва никогда не была в культуре.

В качестве средств, улучшающих комплекс свойств песчаных грунтов, включая водоудерживающую способность, использованы широко распространенный слаборазложившийся сфагновый торф верхового типа, поставляемый ирландской фирмой под торговым названием Peat moss (далее – торф), белорусский специальный органический торфо-сапропелевый мелиорант (далее – мелиорант) и один из лучших видов египетских органических удобрений – компост, приготовленный на основе навоза крупного рогатого скота и переработанных коммунально-бытовых отходов (далее – компост). Каждый из названных материалов обладает специфическим потенциалом в исследуемом направлении.

На опытном участке заложен почвенный разрез. Морфологическое писание почвы (разрез Е-1, рис. 1 *а*):

- 0–63 см – песок желтого цвета со светло-серым оттенком, окраска однородная, сухой, редкие включения гравия, структура хорошо выраженная, однородная рассыпчатая, структурные агрегаты отсутствуют, переход в следующий горизонт заметный, ровный;

• 63–160 см – песок желтого цвета с горизонтальными ржаво-охристыми прослойками и включениями гравия, сухой сверху и свежий внизу, структура неоднородная относительно хорошо выраженная, рассыпчатая.

В гранулометрическом составе песчаной почвы из слоя 0–20 см доля фракции с размером частиц менее 0,01 мм составляет около 4,5 %, 0,1–1,0 мм – 82 %, 1,0–3,0 мм – 13,5 %.

Рентгеноструктурный анализ показал отсутствие в почве глинистых минералов даже в частицах с размером меньше 0,02 мм. Практически вся масса песчаной почвы представлена кварцем. Такой гранулометрический и минералогический состав препятствуют образованию в почве дефляционно-устойчивой агрономически ценной комковатой структуры.

Коэффициент фильтрации воды высокий ($5{,}53 \times 10^{-3}$ см/с), плотность твердой фазы – 2,67 г/см^3.

Исходная агрохимическая характеристика слоя 0–20 см осваиваемой песчаной почвы: $pH_{(KCl)}$ – 8,44, ЕКО – 2,0 смоль/кг, электропроводность – 479 мкS/см, нитратный и аммонийный азот отсутствуют; содержание подвижного фосфора и калия – 20 и 30 мг/кг соответственно; гумус – 0,03 %.

Характеристика поливной воды, которая, очевидно, также оказывала определенное влияние на исследуемые процессы – pH – 8,39, электропроводность – 969 мкS/см, сумма растворимых солей – 405,0 смоль/л, адсорбционное натриевое отношение – 2,0 смоль/л.

Характеристика испытываемых органических материалов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики испытываемых в полевых опытах органических материалов

Характеристика	Торф	Компост	Мелиорант
Влажность, %	60	25	50
$pH_{(KCl)}$	3,7	6,5	6,5
Содержание органического вещества, % к сухому веществу	97,5	54,0	75,0
Содержание гуминовых и гуминоподобных веществ, % к сухому веществу	59,2	не опред.	43,0
Содержание общего азота, % к сухому веществу	1,30	2,30	3,00
Содержание общего фосфора (P_2O_5), % к сухому веществу	0,01	1,40	1,00
Содержание общего калия (K_2O), % к сухому веществу	0,03	2,00	1,30
Вредные элементы	нет	Pb, Cr, Cd	нет
Водопоглощение, % к сухому веществу	480	180	210

Как видно из данных табл. 1, испытываемые материалы существенно различаются по химическому составу. Так, органическим веществом наиболее богат слаборазложившийся торф (97,5 %), а питательными веществами, особенно фосфором (1,40 %) и калием (2,0 %), – компост. В компосте и мелиоранте содержатся необходимые для растений микроэлементы, что также важно при выращивании растений на бесплодных пустынных почвах. Однако в компосте обнаружены и

опасные тяжелые металлы – свинец, хром и кадмий, как результат выпаса скота близ автомобильных дорог. Особенно много в компосте свинца (79 мг/кг) и хрома (45 мг/кг).

В ходе первичного освоения песчаной пустынной территории в Египте внесли по 30 т/га в расчёте на сухое вещество местного компоста и органического мелиоранта, заделав их в слой почвы 0–20 см роторным культиватором. Это соответствовало 16,2 т/га органического вещества компоста и 22,5 т/га органического вещества мелиоранта и составляло соответственно 0,54 % и 0,75 % от массы обрабатываемого слоя.

Первая возделываемая культура на стадии начала окультуривания – пшеница Гиза 52, в последующем, с учётом региональной возможности круглогодичного выращивания сельскохозяйственных культур, возделывались зеленая капуста, лук, картофель, горох и пшеница вторично, причем под все последующие культуры в почву вносили только минеральные удобрения.

Учётная площадь делянок – 50 м^2, повторность – 4-кратная.

Урожай зерна пшеницы по вариантам составил: контроль (с нормой $N_{245}P_{150}K_{250}$) – 0,5 т/га; компост + NPK – 7,2; компост без NPK – 4,7; мелиорант + NPK – 7,7; мелиорант без NPK – 7,5 т/га.

Минеральные удобрения в форме двойного суперфосфата, сульфата аммония и сульфата калия вносили в количествах, обеспечивающих выравненность или эквивалентное количество по вариантам с учётом исходного содержания азота, фосфора и калия в исследуемых материалах. Уровень урожайности пшеницы полученной в первый год освоения пустынной почвы на вариантах с использованием органических удобрительно-мелиорирующих материалов вполне соразмерен с получаемой на плодородных землях в дельте реки Нил. Подробно результаты опыта изложены в [4]. Здесь рассматривается только воздействие органических материалов на свойства окультуриваемой пустынной песчаной почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 2 дана сравнительная оценка влияния различных материалов и минеральных удобрений на содержание гумуса в песчаной почве через 3 года после однократного их внесения.

Таблица 2

Содержание гумуса в слое 0–20 см через 3 года после начала освоения

Вид материала	Содержания гумуса, %
Исходная почва (абс. контроль)	0,03
NPK удобрения	0,11
Компост, 30 т/га с.в.	0,23
Мелиорант, 30 т/га с.в.	0,61
$НСР_{05}$	0,06

Как видно, минеральные удобрения и местный компост слабо повысили содержание гумуса. В варианте с минеральными удобрениями содержание гумуса возросло с 0,03 % до 0,11 %. В варианте с компостом из первоначального количес-

тва органического вещества 0,57 % (0,54 % было внесено и 0,03 % содержалось в исходной почве) через три года его содержание составило 0,23 % гумуса, т. е большая часть внесенного органического вещества минерализовалась, не будучи восполненным свежим веществом послеуборочных растительных остатков.

При равных условиях использования почвы на варианте с мелиорантом из первоначального содержания 0,78 % органического вещества (0,75 % внесено и 0,03 % в исходной почве) через 3 года содержание гумуса составило 0,61 %, что в 2,6 раза больше, чем на варианте с компостом. Такие различия объясняются тем, что органическое вещество мелиоранта представлено гумифицированными остатками торфообразователей и сапропелеобразователей, а органическое вещество компоста гумифицировано слабо, поэтому оно разрушалось в почве быстрее.

Скорость минерализации в условиях достаточного количества тепла и влаги высока, поэтому минерализованное органическое вещество в течение годового биоцикла не восполняется поступающими послеуборочными остатками.

Экстраполируя полученные результаты, с высокой долей вероятности можно предположить, что при повторном внесении мелиоранта в почву через три года содержание гумуса возрастет сначала до 1,3–1,4 %, а в последующие 3 года уменьшится примерно до 1,2 %. Оптимум содержания гумуса в песчаных почвах находится в пределах 1,6–2,0 % [5]. Расчеты показали, что при трехкратном внесении торфо-сапропелевого мелиоранта в пустынные песчаные почвы в течение 5–7 лет в дозах по 1 % сухого вещества от массы окультуриваемого слоя можно достичь близкого к оптимальному уровню содержания гумуса, что, с учётом полученных результатов, говорит о принципиальной возможности использования, торфо-сапропелевого мелиоранта для применениия как экосовместимого средства ускоренного окультуривания песчаных пустынных земель.

Обогащение пустынной почвы гумусом положительно сказывается на морфологию почвенного профиля. На рис. 1. представлены профили песчаной пустынной почвы до внесения и сразу после внесения 30 т/га органического мелиоранта (в пересчете на сухое вещество).

а

б

Рис. 1. Вид профиля песчаной пустынной почвы до внесения (*а*) и его верхней части после внесения (*б*) органического мелиоранта

Из визуального сравнения профилей следует, что сразу же после внесения мелиоранта цвет почвы в обрабатываемом слое изменился с желтого до серо-коричневого, причем, несмотря на тщательную заделку материала в почву в первый год еще видна неоднородность, мозаичность обрабатываемого слоя.

Рисунок 2 иллюстрирует вид пахотного слоя окультуренной почвы по истечении 3 лет после начала освоения. Следует особо подчеркнуть, что органические материалы вносили только один раз в год первичного освоения почвы, а в последующие два года применяли только минеральные удобрения.

а *б*

Рис. 2. Вид окультуренной песчаной пустынной почвы спустя 3 года после начала освоения (*а* – египетский компост, *б* – белорусский мелиорант)

После трехлетнего возделывания сельскохозяйственных культур мозаичность в окраске окультуриваемого слоя почвы исчезла, что связано с его регулярной механической обработкой ротор-культиватором. Сформировался практически однородный гумусный горизонт мощностью около 15–18 см, отсутствующий у исходной пустынной почвы. Внешне почва приобрела больше признаков окультуренной, приближающейся к старопахотной с формированием агрономически ценной зернистой, мелко- среднеореховатой и мелкокомковатой структуры, характеризующейся повышенной степенью водопрочности в варианте с мелиорантом. В варианте с компостом эти изменения были менее значительными и существенно менее выраженными.

Окультуриваемый слой почвы приобрел от светлой серовато-палевой окраски в варианте с компостом до серовато-коричневой в варианте, где вносили мелиорант. При этом интенсивность и выраженность окраски была значительно выше в варианте с белорусским материалом.

Окраска почвы в варианте с минеральными удобрениями изменилась не существенно. Очень чётко отмечается визуальное изменение окраски и структуры почвы в варианте с использованием специального мелиоранта (рис. 3).

Внесение органического вещества в обрабатываемый слой почвы существенно изменило его структуру и водно-физические свойства.

Минеральные NPK-удобрения | Компост | Мелиорант

Рис. 3. Вид окультуриваемой почвы (слой 0–20 см) в зависимости от использования удобрительно-мелиорирующих материалов

Сразу же после внесения и заделки органических материалов и минеральных удобрений определили водоудерживающую способность почвы [6] и её фазовый состав [7].

Как следует из данных, исходная песчаная почва способна удерживать только 2,2 % воды. После внесения 30 т/га в пересчете на сухое вещество малоразложившегося торфа водоудерживающая способность почвы возросла до 8,1 %, а после внесения такого же количества органического мелиоранта достигла – 12,3 %, то есть на 1,5 % выше.

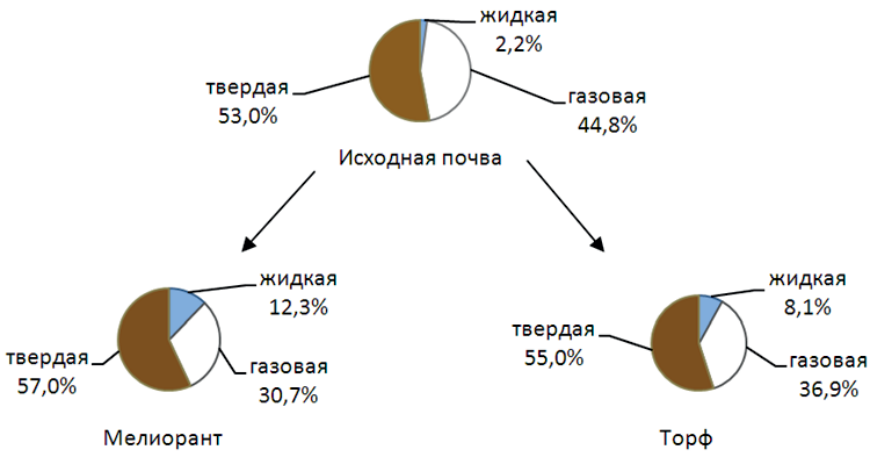


Рис. 4. Трёхфазовое распределение после 24-часового насыщения проб почвы водой [4]

Известно, что органические материалы разной природы и свойств оказывают различное оструктуривающее действие в обрабатываемом слое почвы в силу их природной специфичности [8], на формирование агрономически ценных агрегатов, в том числе водоустойчивых крупных фракций, микроагрегатов почвы и целый ряд других водно-физических свойств [9–14].

Проникновение и задержание воды в почве обусловлено некапиллярными и капиллярными порами в ней, хотя известна практика использования так называемых супер-абсорбирующих полимеров (SAP), способных увеличивать водоудерживающую способность легких почв [15, 16].

В полученных результатах проявились различия в изменении соотношения между жидкой, газообразной и твердой фазами (табл. 3), при этом наибольшей

общей пористостью обладала исходная почва (47 %), наименьшей – почва в варианте с мелиорантом (43 %), а в варианте с торфом занимала промежуточное положение (45 %).

Таблица 3

Влияние органических материалов на фазовый состав и водоудерживающую способность осваиваемой песчаной почвы (3 года после внесения удобрительно-мелиорирующих материалов

Вариант	Общая пористость	Жидкая фаза	Газовая фаза	Твердая фаза	Водоудерживающая способность	
	%				mm	%
Исходная почва	47	2,2	44,8	53,0	4,4	100
Торф	45	8,1	36,9	55,0	16,2	368
Мелиорант	43	12,3	30,7	57,0	24,6	559
$НСР_{05}$					5,3	

При сравнительно небольших различиях в соотношении объемов почвенных фаз по вариантам опыта наблюдаются большие отличия в водоудерживающей способности почвы, объяснить которые только разной водопоглощающей способностью внесенных в почву органических материалов не представляется возможным (табл. 4), так как полная влагоемкость малоразложившегося мохового торфа составляет 480 %, а мелиоранта – только 210, то есть получается парадоксальная ситуация, когда при одинаковых дозах внесения материал с более высоким водопоглощением обеспечивает меньшее удержание воды в почве, чем материал с исходно меньшим аналогичным показателем. Поэтому, вполне очевидно, что наряду с формированием агрегатов почвы, повышающих капиллярный эффект, необходимо другое объяснение механизма удержания воды почвой под воздействием этих двух изучаемых органических материалов.

Таблица 4

Водоудерживающая способность органических материалов и пустынной песчаной почвы, Египет

Вариант	Доза внесения, т/га	Водопоглощение материалом, т/га	Водоудержание материалом, т/га	Водоудержание окультуренной почвой, т/га	Разница, т/га
Исходная почва	0	–	–	44	0
Торф	30	4,8	144	162	18
Мелиорант	30	2,1	63	246	183
$НСР_{05}$		0,4	17	22	

Для выяснения причины был поставлен вегетационный опыт с растениями пшеницы в 5–литровых сосудах с поддонами. Собранный из поддонов почвенный раствор использовали для измерения поверхностного натяжения (табл. 5) [17]. Величина поверхностного натяжения уменьшилась под воздействием органических материалов, причем самое большое снижение величины поверхностного натяжения было у почвенного раствора, полученного на варианте с мелиорантом: с 70,5 дин/см в исходной пустынной почве до 60,0 дин/см в варианте с мелиорантом.

Согласно современным представлениям, гуминовые кислоты относятся к поверхностно активным веществам, так как они понижают поверхностное натяжение

воды [18–21]. В нашем вегетационном опыте гуматы аммония снижали поверхностное натяжение почвенного раствора с 70,5 до 66,2–64,0 дин/см. Тот факт, что почвенные растворы на вариантах с гуматами и фульватами аммония имеют поверхностное натяжение выше, чем на вариантах с торфом и мелиорантом указывает на то, что из этих органических материалов, кроме гуминовых веществ, в почвенный раствор переходят и другие соединения, уменьшающие величину поверхностного натяжения воды сильнее, чем гуматы и фульваты аммония.

Таблица 5

Изменение поверхностного натяжения почвенных растворов окультуриваемой песчаной почвы долины Вади Натрун (Египет) под воздействием различных органических материалов

Вариант опыта	Поверхностное натяжение, дин/см	Понижение, %
Вода	72,2	–
Исходная почва	70,5	2,4
Фульват аммония, 0,1%	67,2	6,9
Гумат аммония, 0,1%	66,2	8,3
Гумат аммония, 0,5%	64,0	11,4
Торф, 3%	63,8	11,6
Торф, 5%	62,0	14,1
Мелиорант, 3 %	62,8	13,0
Мелиорант, 5%	60,0	16,9
$НСР_{05}$	1,4	

Общеизвестно, что в состав водорастворимых веществ торфа и сапропеля входит большое число органических соединений: моно- и олигосахариды, аминокислоты, альдегиды, фенолы, органические кислоты, аминосахара, водорастворимые фракции гуминовых кислот, лигнина, фульвокислот и др. Большинство водорастворимых веществ торфа и сапропеля обладает свойством поверхностной активности, а вероятность присутствия таких веществ в мелиоранте выше, чем в Peat moss, потому что в мелиорант, кроме торфа, входит еще и сапропель, а торф, входящий в состав мелиоранта, имеет в 2–2,5 раза более высокую степень разложения органического вещества, чем торф Peat moss.

Снижение поверхностного натяжения воды повышает ее смачивающую способность и возможность проникновения в мелкие поры почвы, поэтому в варианте с мелиорантом, где поверхностное натяжение воды минимально, почва способна удерживать наибольший слой воды – 24,6 мм или 246 т/га (табл. 4.).

Таким образом, механизм повышения водоудерживающей способности пустынной песчаной почве под влиянием внесения органических материалов имеет коллоидно-химическую природу и хорошо объясняет преимущество исследованного мелиоранта перед Peat moss.

ВЫВОДЫ

1. По истечении 3-х лет после однократного внесения в первично осваиваемую пустынную песчаную почву торфо-сапропелевого мелиоранта и компоста на основе навоза КРС и коммунально-бытовых отходов в дозе эквивалентной 30 т/га

сухого вещества (1 % массовый от окультуриваемого слоя) содержание гумуса в почве составило соответственно 0,61 % и 0,23 % при исходном содержании 0,03 %. В варианте с минеральными удобрениями, внесенными в эквивалентном количестве содержание гумуса составляло 0,11 %.

2. Однократное внесение торфо-сапропелевого мелиоранта в пустынную песчаную почву в дозе 60 т/га (50 % влажности) коренным образом изменило морфологию почвенного профиля за счет формирования темно-серо-коричневого гумусного горизонта, отсутствующего у исходной почвы.

3. Увеличение водоудерживающей способности песчаной почвы при внесении белорусского мелиоранта было в 1,5 раза выше, чем при внесении малоразложившегося сфагнового торфа.

Торфо-сапропелевый мелиорант, как показали результаты трехлетнего полевого эксперимента с песчаной вновь осваиваемой почвой в Египте, можно эффективно применять для ускоренного окультуривания аналогичных земель.

4. Под воздействием мелиоранта снижается поверхностное натяжение почвенного раствора с 70,5 до 60,0 дин/см, в результате чего повышается его смачивающая способность и возможность проникновения воды в мелкие поры почвы. Поэтому, в варианте с внесением мелиоранта в почве количество пор, занятых водой возрастает до 24,6 %, а в варианте с внесением малоразложившегося сфагнового торфа – только до 16,2 %. Такой эффект достигается благодаря предварительной направленной активизации органического вещества торфа и сапропеля при приготовлении мелиоранта с последующим переходом его натуральных поверхностно активных веществ в почвенный раствор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The use of peat as a raw material for chemistry today and in future / N. Bambalov [et al.] // Proceeding of the 13-th International Peat Congress, Tullamore, Ireland, 2008. – P. 316–319.

2. *Toyama S. and Toyama M.* Greening the Deserts / S. Toyama and M. Toyama // Kosei Publishing Co. – Tokyo, 1995. – 200 p.

3. *Hiroshi Kawakami.* International Joint Research on Applying Peat for Crop Cultivation in Desert / Hiroshi Kawakami // J. of Peat Int. Soc. – 2003. – № 2. – P. 25–27.

4. Arid land reclamation with natural organic materials / T.Yamaguchi [et al.] // Journal of Arid Land Studies (Japan). – 1997. – Vol. 7, № 1. – P. 35–44.

5. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012 – 276 с.

6. *Вадюнина, А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

7. *Black, C.A.* (Edit). Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Properties. Madison, Wisconsin, USA. 1965. – 165 p.

8. *Sokolov, G.* Changes in the structure of nitrogen-containing compounds of peat, sapropel, brown coal and organic fertilizers on their basis / G. Sokolov, L. Szajdak, I. Simakina // J. Agronomy Research. – Tallinn, 2008. – V. 6/1. – P. 149–160.

9. *Bambalov, N.* New soil improving agents for accelerated cultivation of soils with low fertility or damaged / N. Bambalov, G. Sokolov. – J. Int. Agrophysics. – 1998. – № 12. – P. 357–360.

10. *Chen, Y. and M. Schnitzer* (1976). Water adsorption on soil humic substance / Y. Chenand, M. Schnitzer (1976). – Can. J. Soil Sci., 56: 521–524.

11. *Sokolov, G.* Influence of different organic materials on physical properties of desert and cultivated soils / G. Sokolov, I. Michael, N. Bambalov // J. International Agrophysics. – Poland. – Vol. 19, № 4. – P. 337–343.

12. *Моисеенко, Ф.В.* Влияние длительного применения удобрений на физические свойства дерново-подзолистой песчаной почвы / Ф.В. Моисеенко // Почвоведение. – 1997. − № 11. − С. 1310−1312.

13. *Соколов, Г.А.* Особенности изменения физических свойств почв при внесении органических материалов разного генезиса / Г.А. Соколов, И.И. Подобедов, Н.С. Гаврильчик // Природопользование. – 2004. – Вып.10. – С. 76–180.

14. Комплексные и специализированные мелиоранты почв на основе торфа и сапропеля / Г.А. Соколов [и др.]. – Торф и бизнес. – 2007. – № 1(7). – С. 24–30.

15. *El-Hady, O.A.* Effect of treating sandy soil with organic manure or/and hydrogels on water movement and preservation / El-Hady, O.A., S.A. Hammad; A.A. Shiha and M. T.A. Kotb. – Egypt. Soil Sci. Soc., 5-th Nat. Cong. Nov. 20-21, Cairo.

16. *Uomori, M.T.* The comparison between peats and absorbent polymers on the water absorption ability in saline solutions. Int. Symposium Peat Organic Matter / M.T. Uomori. – Minsk: 28-29.

17. *El Giballi, A.A.* Estimation of irrigation needs in Egypt / El Giballi A.A., A.Y. Badawi // J. Soil Sci. – 1978. – V. 18. – P. 159–179.

18. *Драгунов, С.С.* Строение гуминовых кислот и приготовление гуминовых удобрений / С.С. Драгунов // Тр. Моск. торфяного ин-та. – 1958. – Вып. 8. – С. 244–256.

19. *Драгунов, С.С.* Вязкость и поверхностное натяжение водных растворов гуматов / С.С. Драгунов, Г.А. Богданов, Е.Э. Перрасе // Коллоидный журнал. – 1946. – Т. 8, № 6. – С. 397–400.

20. *Лиштван, И.И.* Физико-химическая механика гуминовых веществ / И.И Лиштван, Н.Н. Круглицкий, В.Ю. Третинник. – Минск, 1976. – 264 с.

21. *Щукин, Е.Д.* Коллоидная химия / Е.Д. Щукин. – М., 2004. – 445 с.

MORPHOLOGICAL AND WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF SANDY DESERT SOIL CHANGES UNDER THE EFFECT OF ORGANIC SOIL CONDITIONERS

G.A. Sokolov

Summary

The advantages and expediency of different fertilizing-ameliorating materials of different genesis action based on the results of field experiments on primary cultivation of sandy desert soil in Egypt are considered.

The efficiency of different ameliorants use for rapid culturing desert soils with an improvement of morphological properties, increase of their productivity, humus content and water-holding capacity was substantiated. It was proved that in case of special organic ameliorant application the water-holding capacity of culturing soil was

6 times higher than that in the initial one and 1.5 times higher comparatively using low mineralized sphagnum peat.

Alongside with the processes on sandy soil structuring activation under the influence of ameliorant application the reducing surface tension of the soil solution, increases its wetting ability and the ability to penetrate into the fine pores of soil are observed. This effect is achieved due to special treatment of caustobiolites in the process of their organic matter activation in preparation of ameliorant and further transfer of its natural surfactants in soil solution.

Поступила 10.09.14

УДК 633.112.9«324»:631[51+559]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Л.А. Булавин[1], Т.М. Булавина[1], С.С. Небышинец[1], Д.Г. Симченков[1], И.А. Сущевич[1], И.Е. Бобрик[2], Ф.Н. Леонов[2]

[1]Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г Жодино, Беларусь
[2]Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В решении проблемы ресурсосбережения в земледелии одним из основных вопросов является совершенствование обработки почвы, на проведение которой расходуется около 40 % энергетических и 25 % трудовых затрат в этой отрасли [10]. Обработке почвы принадлежит значительная роль в регулировании основных факторов жизни растений и формировании их урожайности. Этот агроприем оказывает существенное влияние на физические, водно-воздушные, биологические и агрохимические свойства пахотного горизонта, а также на фитосанитарное состояние посевов. Долевое участие обработки почвы в формировании урожайности может изменяться в зависимости от окультуренности почвы, биологии возделываемых культур, научно-технического обеспечения, агрометеорологических условий в пределах от 0,6–8,6 до 20–25 %, снижаясь по мере повышения культуры земледелия и степени благоприятствования погодных условий в период вегетации растений [8].

Традиционная обработка почвы, основанная на ежегодном проведении отвальной вспашки и применении для подготовки почвы к посеву однооперационных орудий, требует значительных затрат рабочего времени, что не позволяет производственных условиях провести ее в полном объеме в оптимальные сроки. Несвоевременная и некачественная обработка почвы может существенно снижать эффективность других агроприемов, оказывая в результате этого косвенно негативное влияние на уровень урожайности возделываемых культур. Кроме того,

интенсивная обработка почвы способствует усилению водной и ветровой эрозии, что вызывает деградацию верхнего слоя почвы, снижая ее плодородие. Поэтому во многих странах мира в настоящее время проводятся исследования по изучению возможности минимализации обработки почвы при возделывании основных сельскохозяйственных культур [2, 5].

Большое внимание в Беларуси на современном этапе уделяется возделыванию озимого тритикале. Если в 1993 г. его посевная площадь составляла только 24 тыс. га, то в 2014 г. – около 500 тыс. га. В настоящее время в условиях республики из всех основных элементов технологии возделывания озимого тритикале в наименьшей степени изучена обработка почвы. В соответствии с существующими нормативами и расчетами специалистов, при использовании современной высокопроизводительной техники при проведении вспашки расход топлива составляет 19,2 кг/га, производительность – 2,3 га/час, эксплуатационные затраты – 388,4 тыс. руб./га, чизелевание – 11,0 кг/га, 5,0 га/час, 199,6 тыс. руб./га и дискование – 7,5 кг/га, 6,0 га/час, 140,1 тыс. руб./га. Следовательно, замена вспашки безотвальной и мелкой обработкой почвы позволяет провести эту технологическую операцию в 2,1–2,6 раза быстрее при сокращении расхода топлива в 1,7–2,5, а эксплуатационных затрат – в 1,9–2,7 раза, что имеет важное значение.

Роль обработки почвы при возделывании озимого тритикале обычно оценивается ниже, чем предшественников, но во многих случаях она является весьма значительной [14]. Установлено, что озимое тритикале положительно реагирует на проведение послеуборочного лущения стерни в системе основной обработки почвы и снижает урожайность по поздней вспашке, которая проводится непосредственно перед посевом [7]. По мнению одних авторов, на окультуренной почве по влиянию на урожайность озимого тритикале чизелевание не уступает вспашке [11]. В других исследованиях при замене вспашки чизелеванием снижение урожайности зерна озимого тритикале составляло от 0,9–2,3 до 3,2–5,7 %, а дискованием – 4,7–8,4 % [1, 6, 12].

Цель исследований – изучить зависимость урожайности зерна озимого тритикале от сроков и способов проведения основной обработки почвы при разной степени ее окультуренности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в Смолевичском районе Минской области на опытных полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» и в Гродненском районе Гродненской области в СПК «Прогресс–Вертелишки» на дерново-подзолистой супесчаной и легкосуглинистой почвах, которые различалась по степени окультуренности (гумус – 1,96–2,67 %, P_2O_5 – 141–400 мг/кг, K_2O – 150–460 мг/кг почвы, pH – 5,9–6,8). Для посева использовали семена районированных сортов. Технологию возделывания озимого тритикале в опытах за исключением изучаемого фактора проводили в соответствии с отраслевым регламентом. Метеорологические условия в период проведения исследований существенно различались по годам, что позволило объективно оценить роль обработки почвы в формировании урожайности озимого тритикале при любых метеоусловиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В полевом стационарном опыте, проведенном на среднеокультуренной супесчаной почве, было установлено, что в звене севооборота люпин узколистный – ячмень + клевер – клевер 1 г.п. – озимое тритикале засоренность посевов последнего и урожайность зерна находились в определенной зависимости от сроков и способов обработки почвы под предшествующие культуры. В варианте, где первые две культуры звена севооборота (люпин узколистный и ячмень с подсевом клевера) возделывали по вспашке, проведенной в оптимальные сроки, засоренность посевов озимого тритикале, высеваемого после уборки клевера 1 г.п. по своевременно проведенной вспашке, составила в среднем 24 шт./м^2, а урожайность зерна – 34,1 ц/га. При проведении под указанные выше предшествующие культуры полупаровой обработки почвы, которая включала лущение стерни, вспашку и две культивации по мере появления всходов сорняков, засоренность посевов озимого тритикале на фоне осеннего применения высокоэффективного гербицида уменьшилась до 22 шт./м^2, т.е. на 8,3 %, а урожайность зерна увеличилась до 34,5 ц/га, т.е. на 1,2 %, что является несущественным (табл. 1).

Таблица 1

Влияние способов основной обработки почвы под предшествующие культуры на засоренность посевов и урожайность зерна озимого тритикале (среднее за 2004–2006 гг.)

Обработка почвы под предшествующие культуры	Без гербицидов		Секатор, 0,25 кг/га	
	Засоренность, шт./м^2	Урожайность, ц/га	Засоренность, шт./м^2	Урожайность, ц/га
Вспашка (5 сентября)	142	28,5	24	34,1
Полупаровая обработка	117	29,5	22	34,5
Вспашка (15 октября)	171	27,8	49	32,5
Вспашка (весна)	182	27,1	57	32,0
$НСР_{05}$		1,7–1,9		

В вариантах, где под люпин узколистный и ячмень с подсевом клевера проводили позднюю осеннюю вспашку или весновспашку, засоренность посевов озимого тритикале увеличивалась до 49 и 57 шт./м^2, т.е. в 2,0 и 2,4 раза соответственно. Урожайность зерна при этом снизилась в среднем на 1,6 ц/га (4,7 %) и 2,1 ц/га (6,2 %), причем в последнем случае уменьшение этого показателя было, как правило, достоверным. Полученные результаты свидетельствуют о том, что поздняя вспашка и весновспашка снижают урожайность не только тех культур, под которые проводятся, но и оказывают определенное негативное влияние на продуктивность последующих культур севооборота, под которые эта технологическая операция осуществляется в оптимальные сроки.

В длительном полевом стационарном опыте, проводимом на высокоокультуренной супесчаной почве и представляющем собой 7–польный севооборот (люпин узколистный – озимое тритикале – яровой рапс – кукуруза – ячмень + клевер – клевер 1 г.п. – озимая пшеница) изучались различные системы обработки почвы. Установлено, что в 3 ротации указанного выше севооборота урожайность зерна озимого тритикале, которое возделывали по постоянно проводимой об-

щепринятой обработке почвы (лущение стерни + вспашка) составила в среднем 58,7 ц/га. В вариантах, где на протяжении всего периода исследований проводили чизельную или мелкую (дискование) обработку почвы, этот показатель был равен соответственно 57,0 и 54,6 ц/га, т.е. уменьшился на 1,7 и 4,1 ц/га или 2,9 и 7,0 %. При комбинированной обработке почвы, предусматривающей чередование по годам вспашки и чизелевания, урожайность зерна озимого тритикале по безотвальной обработке составила 58,1 ц/га, что лишь на 0,6 ц/га (1,0 %) ниже по сравнению с ежегодной вспашкой (табл. 2). Это свидетельствует о целесообразности такого подхода к проведению обработки почвы в севообороте.

Таблица 2

Влияние способов основной обработки почвы в севообороте на урожайность зерна озимого тритикале (среднее за 2007–2009 гг.)

Система обработки почвы в севообороте	Урожайность, ц/га	+/– к контролю	
		ц/га	%
Общепринятая (контроль)	58,7	–	100
Общепринятая с подпочвенным рыхлением	57,4	–1,3	–2,2
Мелкая (100%)	54,6	–4,1	–7,0
Мелкая с подпочвенным рыхлением	59,0	+0,3	+0,5
Чизельная (100%)	57,0	–1,7	–2,9
Чизельная с подпочвенным рыхлением	57,4	–1,3	–2,2
Комбинированная (50% чизельная)	58,1	–0,6	–1,0
Поздняя вспашка (15октября)	53,4	–5,3	–9,0
$НСР_{05}$	1,9–2,7		

Известно, что на уровень урожайности сельскохозяйственных культур оказывают влияние свойства не только пахотного, но и более глубоких слоев почвы [8]. В наших исследованиях изучалась целесообразность рыхления подпахотного горизонта, которое проводилось после основной обработки почвы агрегатом ПРПВ–5–50В на глубину 45 см под 1-ю и 4-ю культуры севооборота. Установлено, что при общепринятой системе обработки почвы в севообороте разуплотнение подпахотного горизонта под предшествующую культуру не оказало положительного влияния на урожайность зерна озимого тритикале, которая составила в среднем 57,4 ц/га, т.е. уменьшилась на 1,3 ц/га (2,2 %). На фоне ежегодного чизелевания рыхление подпахотного горизонта обеспечило тенденцию к увеличению урожайности зерна озимого тритикале в среднем на 0,4 ц/га, однако этот вариант уступал ежегодной общепринятой обработке почвы на 1,3 ц/га (2,2 %). Наибольший эффект рыхление подпахотного горизонта обеспечило на фоне ежегодной мелкой обработки почвы, увеличив урожайность зерна озимого тритикале в среднем на 4,4 ц/га, т.е. до 59,0 ц/га, что примерно соответствовало уровню общепринятой обработки почвы.

Наименьшая урожайность озимого тритикале (53,4 ц/га) была получена в варианте, где его высевали в оптимальные сроки по вспашке, проведенной за 1 день до посева в неосевшую почву, а под предшествующие культуры эту технологическую операцию проводили поздно осенью. Снижение указанного выше показателя в этом случае в сравнении с общепринятой обработкой почвы составило 5,3 ц/га (9,0 %).

Несомненный интерес для совершенствования системы обработки почвы в севообороте представляет изучение возможности возделывания озимого тритикале без традиционной обработки почвы с использованием современных почвообрабатывающих, посевных агрегатов. В наших исследованиях, проведенных на высокоокультуренной легкосуглинистой почве, для этой цели использовали сеялку Rapid A 400S, которая пригодна как для традиционного посева, так и для посева с минимальной обработкой почвы или прямого посева в стерню. Расход дизельного топлива на посев таким агрегатом составляет 9,5 кг/га, в то время как по обычной технологии с использованием однооперационных машин 41,2 кг/га, т.е. в 4,3 раза больше. Установлено, что при возделывании озимого тритикале на фоне применения (после уборки возделываемого по вспашке предшественника) гербицидов на основе глифосата с использованием интенсивной технологии, предусматривающей применение высокоэффективных гербицидов, оптимального уровня азотного питания растений, двукратного внесения фунгицидов, прямой посев в необработанную почву обеспечил урожайность зерна 53,7 ц/га. При традиционной технологии, включающей отвальную вспашку и использование однооперационных почвообрабатывающих орудий, этот показатель составил 55,0 ц/га, т.е. только на 1,3 ц/га (2,0 %) выше (табл. 3).

Таблица 3

Влияние различных технологий возделывания озимого тритикале на засоренность посевов, урожайность зерна и биометрические показатели растений (2004 г.)

Показатель	Традиционная технология	Прямой посев
Количество сорняков, шт./м^2	12,0	31,0
Сырая масса сорняков, г/м^2	37,0	39,6
Количество растений тритикале, шт./м^2	169,0	142,0
Продуктивный стеблестой, шт./м^2	382,0	368,0
Длина колоса, см	9,3	9,9
Количество зерен в колосе, шт.	44,9	49,6
Масса 1000 зерен, г	50,4	46,9
Урожайность, ц/га	55,0	53,7

При используемой в опыте защите посевов от сорняков существенных различий по засоренности посевов озимого тритикале на сравниваемых технологиях возделывания этой культуры не наблюдалось. Имелись некоторые различия по биометрическим показателям растений. Так, если при традиционной технологии количество растений, продуктивных стеблей и масса 1000 зерен были несколько выше по сравнению с технологией прямого посева, то по длине колоса и числу зерен в нем последняя имела определенное преимущество. Это и обеспечило формирование примерно равной урожайности озимого тритикале при сравниваемых технологиях.

Расчеты показывают, что стоимость недобора урожая озимого тритикале при прямом посеве в необработанную почву в сравнении с традиционной технологией в существующих ценах составляет 247,0 тыс. руб./га, а стоимость сэкономленного дизельного топлива 269,4 тыс. руб./га. При этом следует иметь ввиду, что прямой посев значительно сокращает затраты рабочего времени и дает возможность завершить эту технологическую операцию в оптимальные сроки, предотвратив

недобор урожайности зерна от их нарушения и посева в неосевшую почву. Полученные результаты дают основание считать возможным использование прямого посева озимого тритикале в качестве элемента комбинированной обработки высококультуренных почв, чередуя его в севообороте со вспашкой при возделывании предшествующей яровой культуры.

Необходимо отметить, что практически все исследования, проведенные в почвенно-климатических условиях Беларуси по минимализации обработки почвы при возделывании озимого тритикале, предусматривали на всех изучаемых вариантах применение лишь одного уровня азотного питания растений. Однако отказ от вспашки уменьшает интенсивность протекающих в почве микробиологических процессов, и снижает содержание в ней легкодоступного азота, что ухудшает условия минерального питания растений [3, 4]. Для получения более объективной информации нами проводилась сравнительная оценка вспашки и прямого посева озимого тритикале в необработанную почву при разных уровнях применения азотных удобрений, принимая во внимание при этом особенности накопления в почве основных элементов питания растений различными предшественниками.

На высококультуренной легкосуглинистой почве урожайность зерна озимого тритикале, возделываемого по вспашке, была наибольшей после клевера 1 г.п. и составила в зависимости от уровня азотного питания растений 55,7–68,7 ц/га. Наименьшим этот показатель был после овса – 52,6–64,8 ц/га. Замена вспашки прямым посевом в необработанную почву снижала урожайность зерна озимого тритикале на безазотном фоне после клевера 1 г.п. в среднем на 5,6 ц/га (10,1 %), а после овса – на 5,9 ц/га (11,2 %). При использовании максимальной из изучаемых доз азота ($N_{60+60+20}$) указанный выше недобор урожайности зерна уменьшался в 1,3 раза и составил соответственно 4,2 ц/га (6,1 %) и 4,4 ц/га (6,8 %) (табл. 4).

Таблица 4

Влияние предшественников и азотных удобрений на урожайность зерна озимого тритикале, ц/га (среднее за 2009–2010 гг.)

Вариант	Предшественник			
	Клевер 1 г.п.	Люпин узколистный	Рапс яровой	Овес
Вспашка				
$P_{60}K_{120}$ – фон	55,7	54,4	52,4	52,6
Фон + N_{60}	62,3	60,6	58,5	58,1
Фон + N_{60+20}	64,9	63,6	62,5	60,1
Фон + N_{60+40}	66,9	65,2	64,5	62,0
Фон + N_{60+60}	68,4	66,0	65,3	63,9
Фон + $N_{60+60+20}$	68,7	66,1	64,0	64,8
Прямой посев				
$P_{60}K_{120}$ – фон	50,1	49,1	47,9	46,7
Фон + N_{60}	56,8	56,0	54,1	54,1
Фон + N_{60+20}	60,3	58,7	57,8	56,8
Фон + N_{60+40}	62,0	59,4	59,6	58,3
Фон + N_{60+60}	65,0	60,4	62,1	59,9
Фон + $N_{60+60+20}$	64,5	61,5	62,6	60,4
$НСР_{05}$, ц/га, предшественник 0,7–0,8 $НСР_{05}$, ц/га, азот 0,8–1,1 $НСР_{05}$, ц/га, обработка почвы 0,5–0,6				

Для повышения урожайности зерна озимого тритикале, возделываемого с использованием технологии прямого посева, до уровня отвальной вспашки необходимо дополнительное внесение азотных удобрений. По нашим данным, при выращивании этой культуры по прямому посеву в необработанную почву после бобового и зернобобового предшественников компенсирующая доза азота, позволяющая получить урожайность зерна на уровне вспашки, составила в среднем за период исследований 20, кг/га д.в., а после зернового и крестоцветного предшественников – 40 кг/га д.в.

Оценивая перспективы использования прямого посева в почвенно-климатических условиях Беларуси, необходимо отметить, что, по мнению специалистов, он может быть составной частью комбинированной обработки почвы в севообороте и использоваться, главным образом, под озимые зерновые, в т.ч. и тритикале на высокоокультуренных почвах.

Считается, что в республике почвы, пригодные для этой технологической операции, где она обеспечит гарантированный эффект, составляют около 10 % пахотных земель, а почвы, малопригодные для прямого посева, где может быть снижение урожайности – 40 % [9].

ВЫВОДЫ

1. Поздняя вспашка и весновспашка, проведенные под предшествующие культуры, снижали не только их урожайность, но и привели к уменьшению продуктивности озимого тритикале даже при посеве его по благоприятному предшественнику в оптимальные сроки при своевременной подготовке почвы на 4,7–6,2 %, а при его посеве через 1–2 дня после проведения вспашки в неосевшую почву – на 9,0 %.

2. Безотвальная и мелкая обработка почвы, проводимые в севообороте в течение длительного времени, снижали урожайность зерна озимого тритикале в сравнении с ежегодной отвальной вспашкой на 2,9% и 7,0 % соответственно. При комбинированной обработке почвы, предусматривающей чередование по годам вспашки и чизелевания, различия между ними по урожайности зерна озимого тритикале были несущественными и не превышали 1,0 %.

3. Проведение подпочвенного рыхления под 1-ю и 4-ю культуры севооборота не оказывало в третьей его ротации положительного влияния на урожайность зерна озимого тритикале на фоне ежегодной отвальной и безотвальной обработки почвы. В то же время при ежегодной мелкой обработке почвы под влиянием этого агроприема указанный выше показатель увеличился на 8,1 %, достигнув уровня общепринятой обработки почвы.

4. На высокоокультуренной легкосуглинистой почве прямой посев озимого тритикале может быть элементом комбинированной обработки почвы в севообороте. При возделывании этой культуры с использованием технологии прямого посева для получения урожайности зерна на уровне вспашки необходимо внесение компенсирующих доз азота, которые составляют после бобового и зернобобового предшественников 20 кг/га д.в., а после зернового и крестоцветного – 40 кг/га д.в.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Булавин, Л.А.* Влияние способов основной обработки почвы на урожайность озимого тритикале / Л.А. Булавин [и др.] // Агропанорама. – 2002. – № 1. – С. 36–37.

2. *Булавин, Л.А.* Обработка почвы в ресурсосберегающем природоохранном земледелии: аналитический обзор / Л.А. Булавин [и др.]. – Жодино, 2009. – 30 с.

3. *Волков, А.И.* Внедрение ресурсо– и энергосберегающих технологий возделывания зерновых в Чувашии // Зерновое хозяйство. – 2008. – № 1–2. – С. 19–20.

4. *Гармашов, В.М.* Минимализация обработки почвы в Центрально-Черноземной зоне / В.М. Гармашов, А.Л. Канин // Земледелие. – 2007. – № 6. – С. 8–10.

5. *Дринча, В.И.* Важные технологические проблемы обработки почвы и их решения / В.И. Дринча, Н.К. Мазитов // Земледелие. – 2001. – № 2. – С. 30–31.

6. *Дудук, А.А.* Влияние приемов основной и предпосевной обработки почвы на урожайность озимого тритикале / А.А. Дудук, П.И. Мозоль, П.Л. Тарасенко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч.тр.; науч. ред. В.К. Пестис / Гродненский государственный аграрный университет. – Гродно: ГГАУ, 2003. – Т. 1. Ч.1. –С. 242–244.

7. *Дудук, А.А.* Влияние сроков основной обработки почвы на урожайность озимого тритикале / А.А. Дудук, П.И. Мозоль, П.Л. Тарасенко // Наука – производству: сб. стат. науч.-прак. конф., г. Гродно, январь 2002 / Гродненский госуд. агр. ун-т. – Гродно: ГГАУ, 2002. – С. 141–142.

8. *Заленский, В.А.* Обработка почвы и плодородие / В.А. Заленский, Я.У. Яроцкий. – Минск: Изд-во Беларусь. – 2003. – 539 с.

9. *Кадыров, М.А.* К вопросу о минимализации обработки почвы в Беларуси / М.А. Кадыров // Наше сельское хозяйство. – 2010. – № 3. – С. 4–8.

10. *Нагорский, И.С.* Снижение ресурсопотребления и повышение качества обработки почвы на основе использования новых комбинированных почвообрабатывающих машин / И.С. Нагорский, В.В. Азаренко // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства: материалы муждунар. науч-практ. конф. – Т.1.– Жодино, 1998. – С. 250–256.

11. *Сидунова, Е.В.* Влияние предшествующих культур и способов основной обработки почвы на урожайность озимого тритикале и поражение корневыми гнилями / Е.В. Сидунова, Г.А. Гесть // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. н. тр.; под общ. ред. В.К. Пестис / УО «ГГАУ». – Гродно, 2003. – Т.1. Ч.1. – С. 315–317.

12. *Сикорский, А.В.* Обработка почвы под озимое тритикале, поукосные и пожнивные посевы в условиях супесчаных почв Полесья: автореф. дис. … канд. с.–х. наук / А.В. Сикорский; Институт земледелия и селекции. – Жодино, 2002. – 20 с.

13. *Тимофеев, В.Б.* Озимый тритикале Краснодарский зернокормовой / В.Б. Тимофеев, В.А. Филобок, Л.Ф. Дудка // Селекция и семеноводство. – 1990. – № 5. – С. 46–47.

14. *Karpenstein-Machan, M.* Triticale / M. Karpenstein-Machan, B. Honermeier, F. Ackermann, D. Hartmann. – Frankfurt/Mein: DLG–Vel, 1994. – 144 s.

DEPENDANCE OF WINTER TRITICALE YIELD ON SOIL CULTIVATION TECHNIQUES

L.A. Bulavin, T.M. Bulavina, S.S. Nebyshinets, D.G. Simchenkov, I.A. Sushchevich, I.E. Bobrik, F.N. Leonov

Summary

The research results on the study of the influence of soil cultivation techniques and terms on winter triticale grain yield are presented in the paper. It has been established that to a certain extent this index is reliant on the soil cultivation for preceding crops. It is shown that for the purpose of resource saving on highly-cultivated soils when plowing is used for preceding crops, cultivation of winter triticale is effectual after nonmoldboard or shallow soil cultivation as well as using technologies of direct sowing.

Поступила 21.11.14

УДК 631.524.84:633.179:631.671.3:631.439:632.125

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕФЛЯЦИОННООПАСНЫХ ПОЧВ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОДНОЛЕТНИХ ЗАСУХОУСТОЙЧИВЫХ ТРАВ

А.Н. Гапонюк, А.В. Сорока

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Для почвенных условий Белорусского Полесья характерно преобладание легких песчаных и супесчаных почв с неустойчивым водным режимом вследствие слабой водоудерживающей и высокой фильтрационной способности [1]. Пестрота почвенного покрова в этом регионе обусловлена генетическими особенностями почвообразующих пород, типовыми различиями почв, их гранулометрическим составов и степенью гидроморфизма. Преобладающими почвами в Полесье являются дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные, дерновые заболоченные осушенные, торфяные и торфяно-минеральные осушенные [2]. Данные почвы характеризуются крайне низкой устойчивостью к дефляционным процессам и занимают в Полесье 1010,2 тыс. га [3]. Процессы ветровой эрозии на минеральных почвах в условиях Беларуси проявляются при скорости ветра 5–6 м/с, на осушенных торфяных – 8–9 м/с. На дегроторфяных почвах, площади которых постоянно увеличиваются, дефляционные процессы отмечается при более низких скоростях ветра – 3–5 м/с [4].

На дефляционноопасных почвах наиболее сильно посевы сельскохозяйственных культур страдают ранней весной, когда на больших площадях почва не покрыта растительностью, и в результате выдувания и повреждения переносимым мелкоземом растения погибают. Вместе с почвой при дефляции выносятся семена и неокрепшие всходы растений, а озимые повреждаются из-за засекания, заноса их почвой и обнажения узлов кущения. Летом процессам ветровой эрозии подвержены преимущественно чистые пары и поля, занятые пропашными культурами [5]. Восстановление плодородия этих почв приходиться возмещать огромными дополнительными затратами, что ведет к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции.

Процессы деградации почв обусловливаются не только нерациональным использованием земель, но и изменением климата, которое проявляется в расширении территорий, затронутых засухами и засушливыми явлениями [6].

Поэтому для защиты почв от дефляции, которая наблюдаются в Полесском регионе, необходимо включать в севообороты сельскохозяйственные культуры, которые улучшают агрофизические и агрохимические свойства почв, а также их устойчивость к деградационным процессам – засухоустойчивые однолетние и многолетние травы.

Однолетние кормовые культуры в основных и промежуточных посевах наряду с многолетними травами играют важную роль в создании прочной кормовой базы животноводства. Они являются одним из источников покрытия дефицита кормов в системе комбинированного зеленого конвейера в пастбищный период, а также дают сырье для приготовления силоса, сенажа и зерносенажа, травяной муки. Важным биологическим свойством однолетних трав является их скороспелость. От сева до уборки на зеленый корм проходит немногим более двух месяцев. Высев их в разные сроки позволяет регулировать поступление зеленого корма и получать его в нужное для хозяйства время [7].

В севооборотах однолетние травы занимают паровое поле и служат хорошим предшественником для озимых зерновых культур. Освобождая поля уже в конце июня – середине июля, они дают возможность гарантированно получать в этом же году дополнительно один-два урожая кормовых культур [8].

Просовидные культуры могут занять достойное место среди кормовых культур Республики Беларусь и по причине своей ограниченной потребности в средствах интенсификации. Расширение видового состава кормовых культур за счет засухоустойчивых просовидных целесообразно, т.к. сводит к минимуму негативные последствия поздних сроков посева [9].

Использование в зеленом конвейере однолетних засухоустойчивых трав экономически эффективно в связи с существенными изменениями почвенно-климатических условий в республике. Введение в севооборот кормовых культур, способных выдержать периодически повторяющиеся засухи, является одним из путей, позволяющих преодолеть последствия подобных экстремальных условий.

В агроландшафтах реальными факторами плодородия почв являются также их водно-физические свойства, которые при одинаковом гранулометрическом составе могут варьировать в широком диапазоне. Однако и сами растения, а также технология их возделывания оказывают различное влияние на агрофизические свойства почв. Поэтому исключительно большое значение имеет оценка способ-

ности самих культур воздействовать на агроэкологическое состояние почвы и способность защищать ее от эрозионной деградации.

Цель исследований – выявить изменения производительной способности и физических свойств дефляционноопасных почв Белорусского Полесья при возделывании однолетних засухоустойчивых трав.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводились в 2012–2014 гг. на опытном стационаре «Мухавец» в ГУСП «Племзавод Мухавец» Брестского района, лабораторные – в ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси».

Полевой эксперимент заложен на типичных для условий Белорусского Полесья осушенных дефляционноопасных почвах: торфяно-минеральных, дерновых заболоченных и дерново-подзолистых заболоченных.

Морфологические особенности и строение исследуемых почв характеризуются следующим описанием почвенных разрезов:

Почва: Торфяно-минеральная, подстилаемая с глубины 0,3 м рыхлым песком

АРТ	0–28 см –	черного цвета, редко корни, плотный, влажный, переход ясный, смесь торфа и песка;
B_1G	28–65 см –	белесовато-сизого цвета, пятна легкого суглинка сизого цвета, затеки гумуса по корням растений, уплотненный, влажный, переход постепенный, песок рыхлый;
G_1	65–79 см –	сизого цвета, затеки по корням растений черного цвета, уплотненный, влажный, переход постепенный, песок рыхлый;
G_2	9–100 см –	сизого цвета, уплотненный сырой, песок рыхлый.

Почва: Дерново-глеевая песчаная на водно-ледниковом связном песке, сменяемом с глубины 0,4 м рыхлым песком

Ап	0–35 см –	пахотный горизонт черного цвета, густо пронизан корнями растений, комковатой структуры, уплотненный, сухой, переход ясный с затеками, песок связный;
B_1g	35–60 см –	желтовато-сизого цвета, пятна ржавого цвета, затеки черного цвета по корням растений, уплотненный, влажный, переход постепенный, песок рыхлый;
B_2G	60–105 см –	сизого цвета, пятнышки ржавого, затем черного цвета по корням растений, плотный, переход ясный, песок рыхлый;
G	105–150 см –	сизого цвета, плотный сырой, песок рыхлый.

Почва: Дерново-подзолистая слабоглееватая песчаная почва на водно–ледниковом связном песке, сменяемом с глубины 0,3 м рыхлым песком, подстилаемая с глубины 1,40 м легким суглинком

Ап	0–30 см –	светло-серого цвета, густо пронизан корнями растений, бесструктурный, уплотненный, сухой, встречаются камни d 5 см, переход ясный с затеками;
A_2B_1g	30–60 см –	светло-желтого цвета, много ржаво-охристых пятен, единично корни, бесструктурный, уплотненный, влажный, переход ясный;
B_2g	60–96 см –	белесовато-сизого цвета, пятна ржаво–охристого цвета, бесструктурный, влажный, переход постепенный;
B_3Cg	96–140 см –	сизого цвета, пятна ржавого цвета, плотный, влажный, переход ясный;
Dg	140–160 см –	сизого цвета, плотный, сырой, суглинок моренный.

Агрохимические показатели пахотных горизонтов изучаемых почв представлены в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимические свойства пахотного горизонта исследуемых почв опытного стационара

Почва	pH $_{KCl}$	Гумус, %	Подвижный, мг/кг	
			P_2O_5	K_2O
Торфяно-минеральная	5,61–5,78	24,41–29,61[1]	211–260	210–216
Дерново-глеевая песчаная	5,87–5,98	3,91–4,18	118–132	150–183
Дерново-подзолистая песчаная	6,03–6,12	1,62–1,66	92–98	82–98

[1] – содержание органического вещества.

В качестве объектов исследований выступали однолетние просовидные кормовые культуры, адаптированные к почвенно-климатическим условиям Полесья, такие как: овес (сорт Запавет) + пелюшка (сорт Агат) – контроль; пайза (сорт Удалая); просо (сорт Белорусское). Нормы высева культур учитывались при 100%-ной посевной годности семян: пайза – 12,0 кг/га, просо – 30,0 кг/га, а также пелюшка – 160,0 кг/га + овес – 70,0 кг/га.

Посев трав проводился в первой декаде мая в 4-кратной повторности с рендомизированным размещением вариантов. Общая площадь делянки – 20 м^2. Общее количество делянок – 36. Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур – общепринятая для республики. Минеральные удобрения под однолетние травы внесены согласно отраслевым регламентам: под просо и пайзу в дозе $N_{60}P_{70}K_{110}$, под пелюшко-овсяную смесь – $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Учеты и наблюдения проведены согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами (под редакцией Ю.К. Навоселова) [10].

В фазу начало выметывания метелки проводился сплошной поделяночный учет урожайности зеленой массы однолетних трав.

Для определения химического состава кормов отбирался средний пробный сноп с массой не менее 1 кг с двух несмежных повторностей. Расчет показателей продуктивности и химический анализ выполнялись в аккредитованной лаборатории ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси», осуществляющей контроль за качеством и безопасностью кормов, комбикормов и комбикормового сырья в Брестской области. Сухое вещество определяли по ГОСТ 27548–97 «Корма растительные. Методы определения содержания влаги». Сырой протеин определялся по методу Кейдаля (ГОСТ 13496.4–93).

Анализы по определению водно-физических свойств почв выполнялись по стандартным методикам [11].

Статистическая обработка экспериментального материала выполнена методом дисперсионного анализа с использованием программы MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований, проведенных в 2012–2014 гг., установлено, что урожайность сухого вещества однолетних культур изменялась в зависимости от типа почв (табл. 2). Производительная способность торфяно-минеральной почвы, как

по годам, так и в среднем за три года оказалась максимальной. На дерново-глеевой почве урожайность сухого вещества снижалась и занимала промежуточное положение относительно торфяно-минеральной и дерново-подзолистой слабоглееватой песчаной почв. На дерново-подзолистой песчаной почве слабоглееватой вследствие недостатка влаги и низкого содержания питательных веществ получен самый низкий сбор сухого вещества трав.

В среднем за три года на торфяно-минеральной почве урожайность сухого вещества сформировалась на достаточно высоком уровне и находилась в пределах 32,8–41,5 ц/га в зависимости от видовых особенностей однолетних трав (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность однолетних трав в различные годы пользования в зависимости от типа почв, ц/га сухого вещества

Почва	Культура	2012 г.	2013 г.	2014 г.	Средняя
Торфяно-минеральная	Овес + пелюшка	33,4	31,7	33,2	32,8
	Просо	37,1	35,4	40,2	37,6
	Пайза	39,9	40,8	43,8	41,5
	$НСР_{05}$	2,4	2,7	3,0	
Дерново-глеевая песчаная	Овес + пелюшка	30,9	27,4	31,2	29,8
	Просо	33,3	34,5	38,5	35,4
	Пайза	35,4	39,1	40,4	38,3
	$НСР_{05}$	1,8	2,1	1,7	
Дерново-подзолистая слабоглееватая песчаная	Овес + пелюшка	21,4	19,6	22,0	21,0
	Просо	23,0	24,3	27,8,	25,0
	Пайза	25,4	26,5	30,9	27,6
	$НСР_{05}$	1,6	1,3	1,5	

На дерново-глеевой почве урожайность сухого вещества однолетних культур составила 29,8–38,3 ц/га, а на дерново-подзолистой песчаной – 21,0–27,6 ц/га.

Следует отметить, что на всех типах почв в среднем за 3 года исследований самую высокую урожайность сформировала пайза, а самую низкую – пелюшко-овсяная смесь на всех почвенных разновидностях. Просо же по урожайности сухого вещества занимало промежуточное положение на всех почвах.

В среднем за 3 года засухоустойчивая просовидная культура пайза сформировала наибольшую урожайность сухого вещества на торфяно-минеральной почве – 41,5 ц/га. На дерново-глеевой почве сбор сухого вещества снизился до 38,3 ц/га, а на дерново-подзолистой слабоглееватой песчаной – до 27,6 ц/га.

На торфяно-минеральной почве выход кормовых единиц и сбор сырого протеина при возделывании всех исследуемых однолетних трав в среднем за три года оказались наибольшими (рис. 1, 2). Для дерново-глеевой песчаной почвы характерно промежуточное положение относительно торфяно-минеральной и дерново-подзолистой слабоглееватой песчаной почв. Самые низкие показатели отмечены на дерново-подзолистой слабоглееватой песчаной почве.

Среди однолетних культур на всех типах дефляционноопасных почв самая высокая продуктивность и сбор сырого протеина отмечен у пайзы (рис. 1, 2).

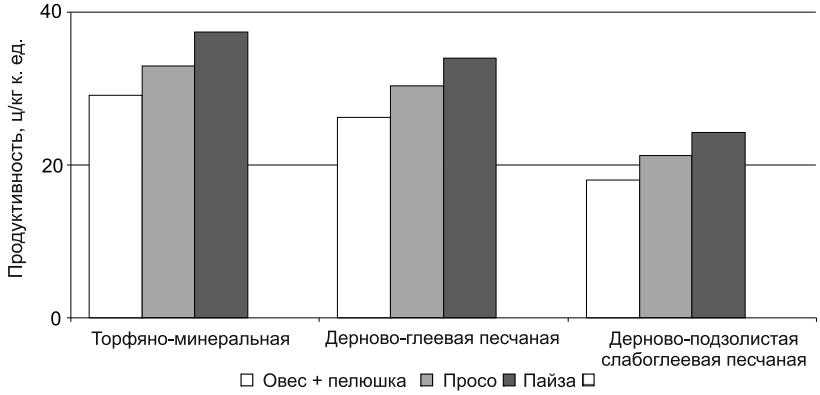


Рис. 1. Выход кормовых единиц однолетних трав на различных типах почв (в среднем за 3 года), ц/га

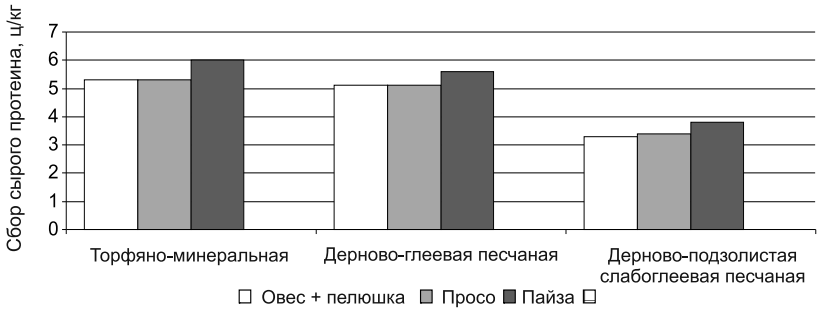


Рис. 2. Сбор сырого протеина однолетних трав на различных типах почв (в среднем за 3 года), ц/га

Для оценки плотности исследуемых почв при анализе физических свойств пахотного и подпахотного горизонтов почв использовалась классификация Н.А. Качинского, согласно которой почва по уплотнению подразделяется на четыре группы: < 1,10 г/см^3 – почва хорошо окультурена или богата органическим веществом; 1,10–1,25 г/см^3 – свежевспаханная почва; 1,25–1,40 г/см^3 – пашня уплотнена; 1,40–1,50 г/см^3 – пашня сильноуплотнена; > 1,50 г/см^3 – критическая плотность. Для большинства культурных растений оптимальной является плотность пахотного слоя 1,1–1,3 г/см^3 [12].

В конце вегетационного периода 2014 года (сентябрь) в опыте под возделываемыми однолетними травами наблюдались различные значения плотности в зависимости от видовых особенностей культур и разновидностей почв (табл. 3).

При возделывании однолетних трав на исследуемых почвах плотность пахотного слоя (0–20 см) находилась в пределах 0,76–1,49 г/см^3, а подпахотного (30–40 см) – 0,94–1,54 г/см^3 (табл. 3).

Возделывание однолетних трав способствовало разуплотнению верхнего слоя (0–10 см), т. к. у всех просовидных трав мочковатая корневая системы, позволяющая снизить плотность верхнего слоя. Значения плотности подпахотного слоя 30–40 см на исследуемых почвах отличались незначительно из-за того, что в данном слое меньшая доля корней, чем в поверхностных горизонтах.

Таблица 3

Влияние возделываемых однолетних трав на плотность пахотного и подпахотного горизонтов почв опытного стационара

Почва	Культура	Плотность, г/см^3		
		0–10 см	10–20 см	30–40 см
Торфяно-минеральная	Овес + пелюшка	0,76	0,85	0,96
	Просо	0,79	0,89	0,95
	Пайза	0,77	0,87	0,94
Дерново-глеевая песчаная	Овес + пелюшка	1,32	1,41	1,45
	Просо	1,34	1,40	1,46
	Пайза	1,34	1,38	1,45
Дерново-подзолистая слабоглееватая песчаная	Овес + пелюшка	1,40	1,47	1,52
	Просо	1,42	1,49	1,54
	Пайза	1,42	1,46	1,51

ВЫВОДЫ

1. В условиях Полесья на торфяно-минеральной почве продуктивность однолетних трав формируется на высоком уровне. На дерново-глеевой песчаной почве продуктивность снижается и занимает промежуточное положение относительно торфяно-минеральной и дерново-подзолистой песчаной почв. Самая низкая продуктивность однолетних трав формируется на дерново-подзолистой слабоглееватой песчаной почве вследствие недостатка влаги, слабой обеспеченности элементами питания растений и менее благоприятных физических свойств.
2. Возделывание засухоустойчивой пайзы на дефляционноопасных торфяно-минеральной, дерново-глеевой, дерново-подзолистой песчаной почвах в регионе Полесья способствует получению корма с высоким сбором сырого протеина и выходом кормовых единиц с 1 га по сравнению с другими видами однолетних трав (просо, пелюшко-овсяная смесь).
3. Плотность исследуемых почв слабо изменяется от возделываемых трав, и существенно различаются по типам почв. На всех исследуемых почвенных разновидностях однолетние травы способствовали разуплотнению пахотного горизонта в слое 0–10 см.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Копылович, В.Л.* Продуктивность кормовых засухоустойчивых культур в экологическом сортоиспытании / В.Л. Копылович // Производство растениеводческой продукции: резервы снижения затрат и повышения качества: материалы междунар науч.-практ. конф., г. Жодино, 10–11 июля 2008 г. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – С. 133–135.
2. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г. И. Кузнецов [и др.]; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – С. 421–426.
3. Проектирование противоэрозионных комплексов и использовние эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации под ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 52 с.

4. *Черныш, А.Ф.* Оценка факторов формирования эрозионных процессов в целях планирования и адаптации противоэрозионных комплексов к почвенно-экологическим условиям Беларуси / А.Ф. Черныш, А.Э. Радюк // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 23–31.

5. Почвоведение / И.С. Кауричев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.

6. *Roseuzweig, C., Parry, M.L.* Potential impacts of climate change on world supply / C. Roseuzweig, M.L. Parry // Nature. – № 367 – 1994. – P. 133–138.

7. *Шлапунов, В.Н.* Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.С. Цыдик. – Барановичи: Барановичская укрупн. тип., 2003. – 304 с.

8. *Никончик, П.И.* Промежуточные культуры в севооборотах в условиях Белоруссии / П.И. Никончик // Пути увеличения пр-ва кормов за счет культур промежуточ. посева: материалы науч.-практ. семинара. – Жодино, 1982. – С.16–21.

9. Выращивание кормовых культур в условиях Беларуси: аналит. обзор / В.Н. Шлапунов [и др.] // БелНИИ земледелия и кормов. – Минск: Белорусский научный ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2002. – 68 с.

10. *Навоселов, Ю.К.* Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю.К. Навоселов, Г.Д. Харьков, Н.С. Шеховцов. – М.: ВИК, 1983. – 198 с.

11. Почвенная съемка. Руководство по полевым исследованиям и картированию почв. – М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1959. – С. 299–301.

12. *Качинский, Н.А.* Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – Ч. 1.– 323 с.

CHANGING OF THE PRODUCTIVE CAPACITY AND PHYSICAL PROPERTIES OF BELARUSIAN POLESYE SOILS IN THE CULTIVATION OF ANNUAL DROUGHT-RESISTANT GRASSES

A.N. Hapaniuk, A.V. Saroka

Summary

The data on the productivity of drought-resistant annual forage grasses and their effect on the density of different types of Polesye's soils are presented at the article. It was found that the greatest productivity annual grasses formed on peat-mineral soil. Echinychloa frumentбcea formed the highest productivity among annual grasses on all soil types. Soil density of the under annual grasses depend on soil characteristics. In all studied soils annual grasses helped to reduce the density of the layer 0–10 cm.

Поступила 27.11.14

УДК 630*4:631.445

СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЭРОДИРОВАННЫХ И ЭРОЗИОННООПАСНЫХ ЗЕМЛЯХ БЕЛАРУСИ

П.И. Волович[1], Е.Н. Усанова[1], С.А. Касьянчик[2]

[1]*Институт леса НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь*
[2]*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие объектов защитного лесоразведения имеет важное значение для почвенно–экологических провинций Беларуси, т.к. на их территории эродированные и эрозионноопасные земли занимают около 3 млн га [1]. Инвестиционную привлекательность создания таких объектов можно увеличить, если учитывать, что защитные лесные насаждения, расположенные на сельскохозяйственных землях, позволяют решить сразу две проблемы: обеспечение оптимальных условий производства сельскохозяйственной продукции в крупных масштабах путем смягчения климата, защиты почвы от эрозии и деградации; увеличение уровня полезащитной лесистости территорий – основного и существенного фактора предотвращения деградации сельскохозяйственных земель. Решить проблему эрозии почв, воспроизводства их плодородия, оптимизации продуктивности сельскохозяйственных угодий и улучшения окружающей среды можно только на основе создания экологически устойчивой структуры агроландшафтов.

Оптимизация сельскохозяйственного землепользования должна основываться на установлении такого соотношения между ее компонентами и пространственной структурой их размещения, при котором будет достигнуто приближение к устойчивой самопроизводящей и регулирующей агроэкосистеме. Влияние искусственных лесных насаждений на более или менее обширные земельные территории всегда положительно, что можно принять сегодня за аксиому. Поэтому защитным лесам и насаждениям принадлежит исключительно важная роль в выполнении почвозащитных, водоохранных, средообразующих и иных полезных функций, что очень актуально в настоящее время в связи с продолжающим увеличением доли эродированных и дефлированных почв на отдельных территориях Республики Беларусь.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований служили защитные (полезащитные) лесные насаждения, созданные на эродированных и дефляционноопасных землях (оврагах, балках, крутосклонах, осушенных торфяно-болотных и минеральных почвах) в районах разной степени эродированности и дефлированности почвенного покрова. За процессами эрозии проводились мониторинговые наблюдения на мелиоративных объектах, которые приняты в качестве ключевых участков. Стационарные поля и территории представлены характерными для ключевых участков

массивами. Их площадь, как правило, не превышает 5 га. Предназначены они для детального изучения состава и свойств дефляционноопасных почв, влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, оценки степени деградации органического вещества торфа [2].

Исследования защитных насаждений включали определение их породного состава, лесорастительных условий, санитарного состояния деревьев и жизнеспособности насаждений с учетом методических указаний и справочных данных по агролесомелиоративному устройству [3, 4]. При оценке санитарного состояния деревьев определяли их категорию на основании шкал состояния деревьев для лиственных и хвойных пород [5]. Общая жизнеспособность насаждения устанавливались по 4 классам: вполне здоровые; здоровые с замедленным ростом; насаждения с недостаточным участием главной породы, нуждающиеся в дополнении и реконструкции; погибающие, расстроенные и усыхающие насаждения, подлежащие восстановлению.

Изучение роста и развития разных древесных пород выполнены в соответствии с методическими указаниями [6], а характер сформированных насаждений устанавливался по типу конструкции полос, устанавливаемому визуально по наличию и особенностям распределения сквозных просветов между стволами и в кронах деревьев, что характеризует ее ажурность в облиственном состоянии. По конструкции полезащитные насаждения разделяются на три основных типа: продуваемые, ажурные и плотные в соответствии с ГОСТ [7].

На основании оценки сохранности насаждений, роста и развития древесно-кустарниковых пород, типа конструкций сформированных лесных полос и защитных насаждений определялась эффективность технологий их создания.

Цель исследований заключалась в оценке состояния защитных лесных насаждений на эродированных и эрозионноопасных почвах Беларуси.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценку лесоводственных показателей, санитарного состояния деревьев и жизнеспособности насаждений полезащитных лесных полос, а также соответствия их функциональному назначению производили в разных районах осушенных дефляционноопасных минеральных и торфяных земель. Полезащитные насаждения на минеральных почвах в северной и центральной (Россонский, Лидский, Бобруйский и Любанский районы) почвенно-экологических провинциях Беларуси представлены посадками ели плотных и ажурно-продуваемых типов конструкций [1]. Древостои тополя имеют большое разнообразие в значениях ажурности и ветропроницаемости, формируя насаждения от ажурных до ажурно-продуваемых и даже плотных типов конструкций в зависимости от количества рядов в полосе и вида тополя. Например, трехрядная полоса из тополя волосистоплодного работает как ажурно-продуваемая и ажурная, а пятирядная как ажурная, ажурно-продуваемая и плотная. Возраст насаждений полезащитных полос составляет 30–40 лет и более. Высота древостоев наибольшая у тополя (15–23 м), у березы несколько меньшая (12–17 м), а чистые насаждения ели имеют примерно такую же высоту как березовые древостои. В целом, по этим районам преобладают как среди хвойных, так и лиственных пород здоровые деревья (70–75 %) без признаков ослабления, реже – ослабленные в целом, крона

которых слабоажурная (количество просветов 11–25 %), хвоя несколько светлее чем обычная, прирост уменьшен. Необходимо отметить их удовлетворительную почвозащитную способность. Доля ослабленных деревьев в насаждениях по всем породам составляет в среднем 20–25 %, что сопряжено с отсутствием рубок ухода. Характерной особенностью здоровых насаждений является высокая полнота, поэтому большая часть их нуждается в проведении лесоводственных уходов как за составом, так и за санитарным состоянием с целью уборки сухостоя и вырубки ослабленных и сильноослабленных деревьев.

Большими площадями осушенных торфяников и достаточно развитой сетью полезащитных лесных насаждений характеризуются районы (Калинковичский, Столинский, Лунинецкий, Пинский) южной почвенно-экологической провинции. В породном составе полезащитных полос преобладают чистые насаждения разных видов тополя, которые формируют различные типы конструкций. Возраст насаждений варьирует от 30 до 45 лет. По санитарному состоянию большинство деревьев I категории без признаков ослабления, а сформированные насаждения I класса жизнеспособности. Наиболее высокие лесоводственные показатели насаждений характерны для лесных полос, созданных на осушенных минеральных или прилегающих к торфяникам минеральных почвах. На этих землях сформированы устойчивые древостои в данных лесорастительных условиях, отвечающие своему назначению по состоянию, конструкции и почвозащитным свойствам, характеризующиеся долговечностью и высоким классом (I–II) жизнеспособности насаждений (табл.1).

Таблица 1

Характеристика общего состояния полезащитных лесных насаждений, созданных на дефляционноопасных осушенных землях

Район	Наименование предприятия	Таксационная характеристика насаждений			Санитарное состояние деревьев, балл	Класс жизнеспособности
		видовой состав*	средняя высота, м	тип конструкции		
Гомельский	КСУП «Урицкое» ОАО «Сож»	1рБ1рКл; 1рС4рБ	18,0–19,0 15,5–17,5	Плотная	2,0–3,0	I,5–II,1
Калинковичский	КСУП « Родина»	2рИв; 3рБ, 2рБ1рЕ	12,0–15,0	Ажурно-продуваемый	2,0–3,2	II–III
Пинский	УП «Пинский ПМК»	3рТ;2рБ	16,8–21,0	Ажурная	1,1–2,3	I–II
Петриковский	КСУП «Заветы Ильича»	3рБ; 2рС	16,2–18,1	Плотная, ажурно-продуваемая	1,5–1,8	I,3–II,4
Речицкий	КСУП «Речицкий»	3рБ; 1рИв1Б	14,0–17,0	Ажурно-продуваемая	1,4–2,0 1,4–1,7	I–II I–III
Столинский	СПК» Федоринское»	2–3 рТ	20,0–24,0	Ажурная	1,5–2,3	I–II

* 1–4 – количество рядов; Б – береза; Кл – клен; С – сосна; Е – ель; И – ива; Т – тополь.

Полезащитные насаждения тополя созданные на осушенных торфяных почвах, особенно в условиях пониженного местоположения характеризуются недолговечностью, часто суховершинят, что приводит к образованию разрывов полос, нуждающихся в частичном или полном их восстановлении. Это свидетельствует о том, что размещение тополя на таких почвах нецелесообразно.

Кроме чистых лесных полос тополя обследованы смешанные по составу насаждения с дубом, ивой, сосной, березой и осиной естественного происхождения. Во всех случаях насаждения являются двухярусными со значительным количеством усохших, ослабленных, угнетенных и снизивших рост деревьев. Поэтому в таких насаждениях требуется проведение санитарных рубок, лесоводственных уходов за составом, а также реконструкции полос для повышения защитных свойств.

Чистые полезащитные лесные полосы сосны, созданные в условиях приподнятого рельефа осушенных минеральных почв, отличаются довольно высокой биологической устойчивостью и характеризуются в целом хорошей сохранностью и жизнеспособностью (I класс) насаждений.

Дефляционноопасные почвы в Беларуси имеются на территории всех административных областей и представлены разными агротехнологическими группами. Например, наибольшие площади таких земель от площади пахотных земель характерны для Брестской (71,4 %) и Гомельской (68,9 %) областей и значительно меньшее количество для Минской (8,7 %) [1]. Такие агротехнологические группы земель как низинные плоские заболоченные осушенные песчаные, котловинные осушенные торфяные и котловинные осушенные деградированные торфяно–минеральные занимают в пределах этих областей от 5,2 до 21,1 %. На них созданы полезащитные лесные насаждения разных древесных пород, состава, размещения и типа конструкций.

Как видно из таблицы 1 полезащитные насаждения созданные на осушенных минеральных (СПК «Федоринское», КСУП «Урицкое») и торфяно-болотных (КСУП «Родина», «Заветы Ильича») почвах имеют разный видовой состав, тип конструкции полос, санитарное состояние деревьев и класс жизнеспособности. Насаждения тополя, созданные на осушенных минеральных почвах в Столинском районе Брестской области, отличаются наибольшей высотой, высшей категорией санитарного состояния деревьев, I и II классом жизнеспособности насаждений. Это характеризует их как вполне здоровые насаждения с достаточной полнотой, ажурного или ажурно-продуваемого типа конструкций. Такие насаждения отличаются наибольшим ветрозащитным эффектом в отличие от полезащитных полос из березы, сосны, ели.

Таким образом, полезащитные насаждения на осушенных землях в большинстве случаев соответствуют функциональному назначению и выполняют защитные функции в той или иной мере. Для сохранения, поддержания и повышения защитных свойств необходимо проведение санитарно–оздоровительных мероприятий, способствующих улучшению состояния и повышению долговечности насаждений. В некоторых поврежденных защитных лесных полосах для сохранения защитных функций таких мер недостаточно и требуется коренная реконструкция или создание новых защитных насаждений, с подбором древесных пород в соответствии с лесорастительными условиями, увеличивая полезащитную лесистость территорий.

Защитные насаждения в почвенно-экологических районах проявления водно-эрозионных процессов, в частности, в Мозырско-Хойникско-Брагинском создавались на откосах оврагов путем устройства террас. Для нарезки террас на склонах от 12 до 35–45° применялся «Террассер Т–4», агрегатируемый с тракторами Т–100; Т–130. С целью задержания воды нарезку террас производили с уклоном в сторону откоса. На террасах оврага посадка производилась крупномерным посадочным материалом клена, липы, акации белой, ивы древовидной, используемым для создания одно–двурядных защитных насаждений. У однорядных насаждений из клена диаметр деревьев варьирует от 12 до 34 см при максимальной высоте 15–17 м. На всей террасе наблюдается естественное возобновление клена остролистного. Встречаются отдельные участки с хорошо развитым подростом из клена, акации белой, редко граба, что способствует поглащению выпадающих осадков, задерживая их кронами и переводя в почвогрунт.

В местах более широкой террасы высаживали 2 ряда (1рАк1рКл) культур. На всех террасах защитные насаждения клена, акации и липы представлены 2–3 ствольными деревьями (рис. 1), что сопряжено как с биологическими свойствами выращиваемых видов, так и условиями их произрастания.

Рис. 1. Однорядное насаждение клена остролистного на террасе склона

На откосах днищ оврагов успешно произрастает ольха черная, высотой 22–24 м. При подъеме по нетеррассированному откосу склона наблюдается смена пород или точнее вертикальная зональность и насаждения ольхи сменяются березой. В качестве подлесочных пород встречается клен остролистный и американский, яблоня и груша лесная.

Защиные насаждения, созданные в процессе террасирования откосов в настоящее время представлены большим разнообразием древесных пород местного происхождения и интрудуцентов (бук восточный), характеризующихся лесными насаждениями искусственного происхождения, сформировавшими определенный тип леса, полноту, высоту и запас в связи с условиями произрастания. Характеристика таких насаждений разных древесных пород представлена в таблице 2.

Таблица 2

Таксационная характеристика лесных насаждений, сформированных на склонах оврагов

Состав насаждения*	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Тип леса, ТУМ**	Полнота	Запас, $м^3$/га
8Б1С1Д	23	12	10	Ор, $В_2$	0,7	9
8С1Е1Б+ОлЧ	44	18	18	Ор, $В_2$	0,7	21
10Б	40	17	16	Ор, $В_2$	0,9	17
10Б+Ос	44	18	22	Ор, $В_2$	0,5	11
4Е5ОлЧ1Б	44	14	14	Ор, $С_2$	0,8	21
9Бук1Кл+С+Г+Д	39	15	16	Кис, $Д_2$	0,8	15
8Е2С+Б+ОлЧ	39	14	12	Ор, $С_2$	1,0	22

* 1–10 – количество рядов; Б – береза; Кл – клен; С – сосна; Е – ель; Д – дуб; ОлЧ – ольха черная; Г – граб; Ос – осина.

** Ор – орляковый; Кис – кисличный; ТУМ – тип условий местопроизрастания.

В настоящее время все лесные насаждения сформированные на террасах и откосах оврага Мозырской гряды входят в состав ГОЛХУ «Мозырский лесхоз» и являются республиканским ландшафтным заказником «Мозырские овраги». Насаждения имеют вполне удовлетворительное санитарное состояние деревьев, характеризующееся второй категорией качества, разной стадией (1–3) дегрессии и разным классом (1–3) эстетической оценки.

Отличительной чертой лесных насаждений на склоновых землях является то, что высота деревьев у подножья склона больше, чем на вершине. Аналогичная зависимость прослеживается и с подлесочными видами, включая дуб, граб, осину, ель. Смыв почвы на террасах не наблюдается, т.к. сформировалась достаточно мощная лесная подстилка, а так же напочвенный покров из разнотравья и мхов. В насаждении ели, созданном на относительно ровном плато, сформировалась лесная подстилка, но живой напочвенный покров отсутствует, эрозии почв также не наблюдается.

При обследовании защитных насаждений тополя, созданных на крутосклонах, установлено различное их состояние и размещение. Посадка противоэрозионных насаждений производилась без обработки почвы в ямы, расположенные рядами деревьев, высаженных в верхней и средней части крутосклона и у его основания на расстоянии 12–14 м от подножья. В настоящее время деревья тополя достигли высоты 17–21 м, часть которых усыхает, вторая часть подвержена заболеванию крон омелой белой. Произошло естественное задернение и частичное зарастание древесно-кустарниковыми видами (рябина, дуб, груша лесная, лещина, ива). Эрозионных процессов на крутосклонах не выявлено.

В Мстиславско-Дубровенском почвенно-экологическом районе доля эродированных почв в составе пахотных земель превышает 20 % [1]. На нетеррасированных склонах разной экспозиции и крутизны созданы защитные насаждения ели высокой продуктивности (табл. 3), что обусловлено благоприятными условиями для ее произрастания.

Все насаждения имеют высокую полноту (0,9–1,0), что способствует задержанию поверхностного стока как при выпадении ливневых дождей, так и при

снеготаяния с последующим переводом их в его внутрипочвенный. Под пологом насаждений образовалась мощная (7–12 см) лесная подстилка, сформированная из продуктов опада, предотвращающая размыв почвы вследствие своей шереховатости (рис. 2).

Таблица 3

Лесоводственно-таксационные показатели насаждений ели европейской

Склон		Состав насажде-ния*	Площадь участка, га	Возраст, лет	Высота, м	Диа-метр, см	Тип леса, ТУМ**
экспозиция	крутизна						
Северо-западная	10	10Е	2,9	40	15,0	16,0	Мш, $В_2$
восточная	10	10Е + Б	2,0	40	17,0	16,0	Кисл, $Д_2$
Северо-восточная	15	10Е	0,3	40	15,0	16,0	Кисл, $Д_2$
Северо-западная	20	7Е3Ос + Б	09	45	16,0	16,0	Кисл, $Д_2$
Северо-восточная	20	9Е1Ос	0,5	45	16,0	16,0	Кисл, $Д_2$

* 1–10 – количество рядов; Е – ель; Б – береза; Ос– осина.

** ТУМ – тип условий местопроизрастания; Кисл – кисличный; Мш – мшистый.

Рис. 2. Защитное насаждение ели на склоне 20° южной экспозиции

В целом, при исследовании защитных лесных насаждений разных древесных пород (акация белая, береза, бук, дуб, ель, клен, сосна, ольха), созданных на склонах, крутосклонах и откосах оврагов, выявлено образование вполне здоровых сомкнувшихся насаждений чистых (акациевые, березовые, буковые, еловые, сосновые) и смешанных (елово-ольховые, елово-дубовые, сосново-еловые, сосново-березовые, ясенево-сосново-березовые и др.), одно- и двуярусных древостоев, для которых характерна нормальная и высокая полнота (1,0 и >) с образованием средней и мощной (3–5 см и >) лесной подстилки разной плотности и шереховатости. Кроме того, отмечен успешный рост подлесочных пород (рябина, крушина, лещина) редкой и средней густоты и наличие естественного возобновления главных лесообразующих пород (дуб, ель, сосна) 3–15-летнего возраста, высотой 0,5–6,0 м. Также установлена способность насаждений разных древесных пород,

чистых и смешанных по составу, задерживать кронами выпадающие осадки, тем самым значительно уменьшать поверхностный сток, снижая водно-эрозионные процессы до предельно допустимого уровня (ПДУ) на защищаемых и прилегающих территориях.

ВЫВОДЫ

Защитные лесные насаждения, созданные на склонах, крутосклонах, откосах оврагов, осушенных торфяных и минеральных почвах, характеризуются лесоводственно-таксационными показателями присущими лесным насаждениям, в сходных условиях. В большинстве случаев такие насаждения выполняют почвозащитные свойства, не допуская развитие эрозионных процессов свыше ПДУ.

По состоянию, типу конструкции и защитным свойствам, сформированные насаждения соответствуют функциональному назначению. Для повышения их эффективности необходимо проведение санитарно-оздоровительных мероприятий и рубок ухода, направленных на улучшение состояния, повышение жизнеспособности и долговечности, поддержание их биологической устойчивости и целевых функций.

Защита эродированных и эрозионноопасных почв лесомелиоративными насаждениями является составной частью системы мероприятий по использованию земель и предупреждению их деградации. Она должна носить профилактический характер. Необходимо помнить, что планирование работ по защите почв следует проводить на основе учета земель, нуждающихся в предотвращении эрозионных процессов, а не по данным уже деградированных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проектирование противоэрозионных комплексов и использовние эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации; под ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 52 с.

2. Организация агропочвенного мониторинга в эрозионных агроландшафтах Беларуси / А.Ф. Черныш [и др.]. // Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение: материалы Междунар. научн.-практ. конф., Минск: 6–8 июня 2012 г. / редкол.: И.И. Пирожник [и др.]. – Минск: Издательский центр БГУ, 2012. – С.147–149.

3. Инструктивные указания по агротехнике создания и выращивания противоэрозионных лесонасаждений на землях сельскохозяйственных предприятий: утв. Мин-во лесного хоз-ва БССР 04.04. 1978. – Минск, 1978. – 40 с.

4. *Павловский, Е.С.* Справочник по агролесомелиоративному устройству / Е.С. Павловский, А.В. Карган. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 152 с.

5. ТКП 026–2006 (02080) Устойчивое управление и лесопользование. Санитарные правила в лесах Республики Беларусь. – Минск, 2006. – 32 с.

6. Исследование роста лесных культур: метод. указ. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1978. – 71 с.

7. Агролесомелиорация. Термины и определения: ГОСТ 26462–85. – М.: Изд. стандартов, 1985. – 7 с.

CONDITION OF PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS ON ERODED AND EROSION DANGEROUS SOILS OF BELARUS

P.I. Volovich, E.N. Usanova, S.A. Kas'yanchik

Summary

The results of assessment of protective forest plantations on eroded and erosion dangerous soils of Belarus are presented at the article. It was found that all investigated erosion plantations are characterized by forestry and forest indices inherent in forest stands with some differences due to site conditions. In most cases, such plantations perform soil protection properties, preventing the development of erosion processes in excess of the permitted level.

Поступила 24.11.14

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.872:633.854.78:631.445.2

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЕГО ПО КУКУРУЗНОЙ СОЛОМЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

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

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в южных районах республики (в основном в Гомельской области) получает распространение возделывание подсолнечника на семена. Эта культура в силу мощной корневой системы, проникающей в почву до 3 м, способна давать хорошие урожаи семян в условиях неустойчивого выпадения осадков на легких почвах. Возделывание подсолнечника не только помогает решить проблему растительных жиров, но и вносит значительный вклад в производство белка [1–3].

Для получения высокого урожая семян подсолнечника необходимо создание оптимальных условий минерального питания в течение всего вегетационного периода. При сложившейся экономической ситуации, когда цены на минерально-сырьевые и энергоресурсы постоянно возрастают, важным приемом, способствующим удешевлению продукции, является запашка соломы на удобрение, которая в последние годы широко применяется в сельскохозяйственных организациях республики. В 2013 г. в хозяйствах было измельчено и запахано в почву около 4,6 млн т побочной продукции сельскохозяйственных культур, из которой 31 % (1411 тыс. т) приходилось на растительные остатки кукурузы [4]. С одной тонной сухих растительных остатков кукурузы в почву возвращается 9,3 кг азота, 3,6 кг фосфора и 16,4 кг калия. При планировании доз внесения удобрений под следующую культуру учет количества элементов питания, поступающих в почву с соломой предшествующей культуры, позволит снизить дозы внесения минеральных удобрений, что обеспечит увеличение рентабельности получаемой продукции.

Запашка соломы, обеспечивая повторное включение в круговорот биогенных элементов питания растений, не всегда даже с компенсирующими дозами азота обеспечивает повышение урожайности как отдельных сельскохозяйственных культур, так и в целом продуктивности севооборота [5, 6]. Влияние запаханной соломы предшественника на урожай последующей культуры зависит от совокуп-

ности многих факторов: возделываемой культуры, предшественника, количества запаханной побочной продукции, почвенно-климатических условий и т.д. В этой связи изучение возможности отказа от дополнительных доз азота по соломе и снижения доз фосфорных и калийных удобрений с учетом высвобождения фосфора и калия из запаханных растительных остатков кукурузы при возделывании подсолнечника позволит усовершенствовать систему удобрения подсолнечника при возделывании его по кукурузной соломе на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Цель исследований – установить влияние разных сроков и форм внесения дополнительного азота по кукурузной соломе и скорректированных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом содержания этих элементов в запаханной соломе, на урожайность семян подсолнечника на дерново-подзолистой супесчаной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования с подсолнечником проводили в стационарном технологическом опыте в 2012-2013 гг. в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве. Перед закладкой полевого опыта почва 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, обменных форм CaO – 885–1031 мг/кг, MgO – 172–218 мг/кг почвы.

Опыт заложен в двух последовательно открывающихся полях. Повторность вариантов в опыте – 4-кратная. Общая площадь делянки – 31,2 м^2 (2,6 × 12), учетная – 22 м^2 (2,2 × 10). Всего в опыте 15 вариантов в двух полях (120 опытных делянок). В опыте предусмотрено следующее чередование культур: кукуруза (2011, 2012 гг.) – подсолнечник (2012, 2013 гг.) – ячмень + сидеральный люпин (2013, 2014 гг.) – гречиха + сидеральный люпин (2014, 2015 гг.) – овес голозерный (2015, 2016 гг.).

Минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия под подсолнечник согласно схеме опыта, представленной в таблице 1, внесены весной под предпосевную культивацию. Полная доза минеральных удобрений в основное внесение составила $N_{90}P_{60}K_{120}$. В вариантах, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в побочной продукции предшественника, под подсолнечник внесено $N_{90}P_{40}K_{40}$, так как с запаханным количеством соломы под подсолнечник поступило 20 кг фосфора и 80 кг калия. Под подсолнечник запахано в среднем 6,3 т/га растительных остатков кукурузы (из расчета на стандартную влажность – 16%), внесена компенсирующая доза азота в виде карбамида (N_{30}) и жидкого навоза КРС (30 т/га).

Применяемые органические удобрения имели следующие показатели (в расчете на сухое вещество):

– жидкий навоз КРС: N – 2,87 %, P_2O_5 – 2,27 %, K_2O – 4,44 %, углерод – 30 %, влажность – 95 %; отношение C/N – 10.

– солома кукурузы: N – 1,10 %, P_2O_5 – 0,49 %, K_2O – 1,72 %, углерод – 47 %, влажность – 16 %; отношение C/N – 43.

Исследования проводили с гибридом подсолнечника Белинда. Способ сева подсолнечника – пунктирный с шириной междурядий 70 см. Норма высева семян – 4,0 кг/га. После посева подсолнечника провели довсходовую обработку почвенным гербицидом Гезагард, КС против однолетних двудольных и злаковых сорняков из расчета 3 л/га.

Химический анализ органических удобрений выполнен в соответствии с Государственными отраслевыми стандартами: определение pH_{KCl} – по ГОСТ 27979–88; влаги и сухого остатка – по ГОСТ 26713–85; органического вещества – по ГОСТ 2798088; общего азота – по ГОСТ 26715–85; общего фосфора – по ГОСТ 26717–85; общего калия – по ГОСТ 26718–85.

В растительных образцах общий азот, фосфор и калий определяли из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4-93), фосфор – на спектрофотометре (ГОСТ 28901–91 (ИСО–6490/2–83)), калий – на пламенном фотометре (ГОСТ 30504–97).

Экономическая эффективность рассчитана согласно методике [7]. Дисперсионный анализ экспериментальных данных выполняли согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова (1985) с использованием компьютерной программы MS Exel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия вегетационного периода в 2013 г. были более благоприятны для роста и развития растений подсолнечника, особенно в период созревания семян: обилие осадков в сентябре 2012 г. способствовало развитию серой гнили корзинки. В результате в целом по опыту урожайность семян в 2013 г. была на 25% выше по сравнению с 2012 г. В среднем за 2 года при соблюдении элементов технологии возделывания культуры получено 22,6 ц/га семян подсолнечника только за счет плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1). Внесение минеральных удобрений способствовало дополнительному формированию 13,4 ц/га семян, при этом на 1 кг NPK дополнительно получено 4,6 кг семян подсолнечника. Чистый доход от внесения минеральных удобрений составил 134 USD/га с рентабельностью 50 % (табл. 2). Максимальная урожайность семян подсолнечника сформирована в вариантах с запашкой соломы и применением минеральных удобрений и составила 36,3–38,6 ц/га (вар. 4, 5, 8, 11, 12, 14, 15).

Дополнительный азот по измельченной соломе вносили в виде карбамида (вар. 9–12) и в составе жидкого навоза КРС (вар. 6–8). Установлено, что во всех вариантах с запашкой соломы кукурузы без внесения NPK (вар. 3, 6, 9, 10, 13) получена достоверная прибавка урожая семян подсолнечника. В вариантах с внесением минеральных удобрений, на фоне запашки соломы отмечена только тенденция роста урожайности, т.е. прибавка от соломы была в пределах наименьшей существенной разницы. Отказ от внесения дополнительного азота по соломе кукурузы при запашке под подсолнечник в вариантах с внесением NPK, обеспечил снижение затрат на 28 USD/га без существенного снижения урожайности.

Эффективность соломы кукурузы при запашке ее с дополнительным внесением азота, как в виде карбамида, так и в составе 30 т/га жидкого навоза КРС была достаточно высокой: прибавка урожайности семян подсолнечника составила 8,3–9,3 ц/га. Запашка соломы кукурузы под подсолнечник без компенсирующих доз азота обеспечила прибавку семян 5,2 ц/га.

Разница в прибавке урожайности семян подсолнечника от осеннего и весеннего внесения дополнительного азота по соломе была достоверной: за счет осеннего внесения азота получено 3,1 ц/га, весеннего – 3,9 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений и сроков дополнительного внесения азота при запашке соломы кукурузы на урожайность семян подсолнечника (влажность 8%), 2012–2013 гг.

№ п/п	Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га			
			к контролю	от NPK	от соломы	от доп. N
1	Без удобрений	22,6	–	–	–	–
2	$N_{90}P_{60}K_{140}$	36,0	13,4	13,4	–	–
3	Сидераты* + солома	26,6	4,0		4,0	–
4	Сидераты + солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	36,3	13,7	9,7	0,3	–
5	Сидераты + солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$**	36,5	13,9	9,9	0,5	–
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	31,9	9,3	–	9,3	–
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{60}K_{120}$	36,8	14,2	4,9	0,8	–
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{40}K_{40}$**	38,2	15,6	6,3	2,2	–
9	Солома + N_{30} весной	31,7	9,1	–	9,1	3,9
10	Солома + N_{30}осенью	30,9	8,3	–	8,3	3,1
11	Солома + N_{30}осенью + $N_{90}P_{60}K_{120}$	36,5	13,9	5,6	0,5	-1,3
12	Солома + N_{30}осенью + $N_{90}P_{40}K_{40}$**	37,8	15,2	6,9	1,8	-1,3
13	Солома	27,8	5,2	–	5,2	–
14	Солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	37,8	15,2	10,0	1,8	–
15	Солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$**	38,6	16,0	10,8	2,6	–
	$НСР_{05}$	2,7				

* Последействие сидерального люпина;

** Варианты с внесением уменьшенных доз фосфорных и калийных удобрений, с учетом содержания в соломе кукурузы.

В вариантах 5, 8, 12 и 15, где дозы фосфорных и калийных удобрений скорректированы с учетом содержания фосфора и калия в соломе кукурузы, которая была запахана под подсолнечник, урожайность семян была на уровне полных доз минеральных удобрений в соответствующих вариантах (вар. 4, 7, 11 и 14). В результате, снижение доз фосфорных и калийных удобрений позволило снизить затраты на удобрения на 50 USD/га, или на 27 %.

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной почве при возделывании подсолнечника на семена, предшественником которого является кукуруза на зерно, дозы фосфорных и калийных удобрений под подсолнечник целесообразно

уменьшить с учетом высвобождения данных элементов из соломы кукурузы. Если с основным удобрением под подсолнечник планируется внесение азотных удобрений, компенсирующие дозы азота по соломе не требуются. В комплексе это позволит снизить затраты на удобрения (в опыте на 77 USD/га) без снижения урожайности.

Таблица 2

Экономическая эффективность применяемых удобрений при возделывании подсолнечника на семена (среднее за 2012–2013 гг.)

№ п/п	Вариант	Общие затраты, USD/га	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
1	Без удобрений	–	–	–
2	$N_{90}P_{60}K_{140}$	269	134	50
3	Сидераты + солома	21	98	477
4	Сидераты + солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	271	139	52
5	Сидераты + солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$	222	196	89
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	124	157	127
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{60}K_{120}$	348	78	22
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{40}K_{40}$	305	162	53
9	Солома + N_{30} весной	75	198	264
10	Солома + N_{30}осенью	71	178	252
11	Солома + N_{30}осенью + $N_{90}P_{60}K_{120}$	299	118	40
12	Солома + N_{30}осенью + $N_{90}P_{40}K_{40}$	256	200	78
13	Солома	27	130	477
14	Солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	279	178	64
15	Солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$	232	247	106

Содержание азота в семенах подсолнечника в зависимости от варианта опыта изменялось в пределах 1,66–2,33 %, фосфора – 1,19–1,45 %, калия – 1,11–1,24 %, кальция – 0,13–0,18 %, магния – 0,40–0,43 % (табл. 3). Содержание элементов питания в соломе подсолнечника было следующим: 0,70 % азота, 0,29 % фосфора, 3,36 % калия, 1,23 % кальция, 0,40 % магния.

Таблица 3

Влияние удобрений на химический состав семян и соломы подсолнечника, среднее за 2012–2013 г.

№ п/п	Вариант	Семена, % в сухом веществе					Солома, % в сухом веществе				
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1	Без удобрений	1,66	1,31	1,14	0,18	0,43	0,61	0,31	3,05	1,30	0,37
2	$N_{90}P_{60}K_{140}$	2,12	1,29	1,14	0,14	0,43	0,89	0,30	2,92	1,16	0,40
3	Сидераты* + солома	1,80	1,42	1,16	0,16	0,42	0,60	0,31	3,60	1,32	0,39
4	Сидераты + солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	2,10	1,34	1,16	0,14	0,43	0,61	0,29	3,65	1,26	0,42

Окончание табл. 3

№ п/п	Вариант	Семена, % в сухом веществе					Солома, % в сухом веществе				
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
5	Сидераты + солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$	2,00	1,39	1,17	0,14	0,41	0,70	0,24	3,49	1,20	0,39
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	1,84	1,38	1,14	0,15	0,41	0,53	0,31	3,29	1,18	0,30
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{60}K_{120}$	2,10	1,42	1,19	0,14	0,40	0,74	0,27	3,72	1,20	0,36
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{40}K_{40}$	2,24	1,33	1,11	0,15	0,42	0,79	0,32	3,30	1,33	0,42
9	Солома + N_{30} весной	2,22	1,43	1,10	0,13	0,41	0,63	0,34	3,43	1,17	0,39
10	Солома + N_{30} осенью	1,93	1,40	1,12	0,15	0,42	0,70	0,26	3,12	1,30	0,41
11	Солома + N_{30} осенью + $N_{90}P_{60}K_{120}$	2,15	1,45	1,18	0,14	0,40	0,72	0,23	3,42	1,07	0,39
12	Солома + N_{30} осенью + $N_{90}P_{40}K_{40}$	2,21	1,33	1,13	0,14	0,41	0,82	0,27	2,76	1,37	0,55
13	Солома	2,00	1,38	1,24	0,15	0,43	0,77	0,37	3,66	1,46	0,42
14	Солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	2,08	1,29	1,24	0,14	0,40	0,86	0,35	3,37	1,28	0,43
15	Солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$	2,21	1,37	1,19	0,15	0,42	0,70	0,29	3,29	1,26	0,37
	Среднее	**2,06**	**1,34**	**1,16**	**0,15**	**0,41**	**0,70**	**0,29**	**3,36**	**1,23**	**0,40**

В среднем для формирования урожайности семян подсолнечника было использовано из почвы и удобрений 105 кг азота, 59 кг фосфора, 220 кг калия, 71 кг кальция и 35 кг магния (табл. 4). В результате нормативный вынос элементов с 1 т семян и соответствующим количеством соломы подсолнечника составляет 31 кг азота, 17 кг фосфора, 65 кг калия, 21 кг кальция и 10 кг магния. Следует обратить внимание при планировании доз под подсолнечник на высокое потребление этой культурой калия и кальция.

В результате исследований установлено, что в среднем за 2 года урожайность соломы в опыте составила 60,9 ц/га. После уборки подсолнечника на семена в почву с этим количеством соломы возвратилось 2,4 т углерода, 38 кг азота, 16 кг фосфора, 183 кг калия, 66 кг кальция и 22 кг магния. При планировании доз внесения минеральных удобрений под последующую культуру севооборота (ячмень) эти количества целесообразно учитывать.

Таблица 4

Влияние удобрений на общий и удельный вынос элементов питания с семенами подсолнечника, 2012–2013 г.

№ п/п	Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т				
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1	Без удобрений	59	40	142	54	23	26	18	63	24	10
2	$N_{90}P_{60}K_{140}$	123	61	204	71	37	34	17	57	20	10

Окончание табл. 4

№ п/п	Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т				
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
3	Сидераты* + солома	70	49	179	59	27	26	18	68	22	10
4	Сидераты + солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	104	61	248	76	38	30	18	71	22	11
5	Сидераты + солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$	112	64	243	74	37	30	17	64	20	10
6	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га	83	58	208	66	28	26	18	65	21	9
7	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{60}K_{120}$	122	68	288	84	38	33	18	78	23	10
8	Солома + жидкий навоз КРС, 30 т/га + $N_{90}P_{40}K_{40}$	139	73	265	95	44	34	18	66	24	11
9	Солома + N_{30} весной	97	59	200	61	31	31	19	63	19	10
10	Солома + N_{30} осенью	84	51	156	55	28	27	17	50	18	9
11	Солома + N_{30} осенью + $N_{90}P_{60}K_{120}$	117	64	245	69	37	32	18	67	19	10
12	Солома + N_{30} осенью + $N_{90}P_{40}K_{40}$	129	64	206	87	47	34	17	55	23	13
13	Солома	84	51	181	63	28	30	18	65	23	10
14	Солома + $N_{90}P_{60}K_{120}$	125	67	241	80	39	33	18	64	21	10
15	Солома + $N_{90}P_{40}K_{40}$	123	68	236	79	37	31	17	60	20	9
	Среднее	**105**	**59**	**220**	**71**	**35**	**31**	**17**	**65**	**21**	**10**

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве в среднем за два года наиболее высокая урожайность семян подсолнечника 36,3-38-6 ц/га сформирована при органоминеральной системе удобрения с внесением в качестве органических удобрений 6,3 т измельченной соломы кукурузы.

2. Запашка соломы кукурузы без компенсирующих доз азота обеспечила повышение урожайности семян подсолнечника на 5,2 ц/га. Внесение дополнительного азота по соломе кукурузы обеспечило прибавку урожайности семян подсолнечника на уровне 3,9 ц/га при весеннем его внесении и 3,1 ц/га при осеннем внесении. В вариантах с внесением $N_{90}P_{60}K_{120}$ под подсолнечник дополнительное внесение азота по соломе было неэффективным. Отказ от внесения дополнительного азота по соломе кукурузы при запашке под подсолнечник обеспечил снижение затрат на удобрения на 27 USD/га без снижения урожайности.

3. Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом содержания фосфора и калия в соломе кукурузы, которая была запахана под подсолнечник, обеспечило урожайность семян подсолнечника на уровне полных доз минеральных удобрений и позволило снизить затраты на удобрения на 50 USD/га, или на 27%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сикорский, А.В.* Подсолнечник в Беларуси. Аспекты возделывания / А.В. Сикорский, В.А. Радовня, В.В. Бобовкина // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 5 (76). – С. 24–25.

2. *Подлесный, С.* Продуктивность сортов подсолнечника в севооборотах с короткой ротацией / С. Подлесный, А. Бушнев // Главный агроном. – 2008. – № 11. – С. 23–26.

3. *Бобовкина, В.В.* Белорусские перспективы солнечных цветов / В.В. Бобовкина // Белорусское сельское хозяйство. – 2012. – № 2(118). – С. 44–48.

4. *Серая, Т.М.* Солома – тоже удобрение / Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева // Белорусская нива. – 2013. – № 210. – С. 3.

5. *Никончик, П.И.* Что дает запашка соломы. И дает ли? / П.И Никончик, А.Ч. Скируха // Земляробства и ахова раслін. – 2012. – С. 3–5.

6. Продуктивность севооборота и изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от систем удобрения / Т.М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2011. – № 11. – С. 28–35.

7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2010. – 24 с.

IMPROVED FERTILIZER SYSTEM SUNFLOWER WHEN CULTIVATING WITH CORN STRAW PLOUGHING ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

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

Summary

In studies on sod-podzolic sandy loam soil found that decrease doses of phosphorus and potassium fertilizers with regard to the content of phosphorus and potassium in straw plowed corn provided the yield of sunflower seeds at the level of full doses of mineral fertilizers by reducing the cost of fertilizer at 50 USD/ha In versions with application $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ under sunflower additional nitrogen in the straw inefficient and saves 27 USD/ha without reducing yields.

Поступила 17.11.14

УДК 613.412.2

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИКИ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

А.А. Христенко[1], А.П. Нешта[2]

[1]Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского, г. Харьков, Украина

[2]Институт охраны почв Украины, г. Харьков, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Национальная безопасность страны тесно связана с сохранением плодородия почв, поэтому значение агрохимической службы, отвечающей современным требованиям, существенно возрастает.

Агрохимическая паспортизация земель сельскохозяйственного назначения позволяет осуществлять государственный контроль изменения показателей плодородия и загрязнения почв токсичными веществами, достоверно оценить плодородие земель сельскохозяйственного назначения, наблюдать за динамикой показателей плодородия и разрабатывать рекомендации по эффективному, экологически безопасному применению агрохимикатов [1].

Проведенный нами системный анализ имеющихся данных показал, что использование большинства стандартов СССР, устанавливающих методы определения содержания подвижных соединений фосфора и калия, а иногда и азота в почвах Украины, во многих случаях приводит к значительным ошибкам.

Так, например, количество P_2O_5, экстрагируемого растворами кислот (методы Чирикова или Кирсанова) в пахотном слое экстенсивно используемых почв страны может колебаться от 0,1 (сильнокислые буроземы) до 30 и более мг P_2O_5/100 г почвы (черноземы типичные, лугово-черноземные почвы на лессовых породах). При этом параллельное определение фосфора одним из щелочных методов (ISO 11263, Мачигина) или солевым методом (Карпинского–Замятиной) показывает, что реальный фосфатный уровень данных почв соответствует границе между низкой и средней обеспеченностью, то есть 4–6 мг P_2O_5/100 г в пересчете на кислотные методы.

То, что последний диагноз достаточно точен, подтверждают эмпирические данные многочисленных полевых опытов: на всех типах пахотных почв, с природным уровнем содержания NPK, эффективность минеральных удобрений, в том числе фосфорных, достаточно высокая.

Высокие требования нормативных документов к точности проведения химического анализа часто обесцениваются несовершенством группировок обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ. Важность данного направления, на наш взгляд, сильно недооценена: имея ошибочные группировки, невозможно получить положительный результат.

Дело в том, что использование, так называемых, «жестких» кислотных, а иногда и щелочных методов, позволяет получить объективную оценку плодородия только тех почв, состав и свойства которых близки к составу и свойствам почв,

на которых проводились исследования по разработке группировок их обеспеченности фосфором или калием.

Можно с большой степенью вероятности утверждать, что для метода Кирсанова данные группировки разрабатывались на почвах оподзоленного ряда России, имеющих значения pH_{KCl} в пределах 4,5–6,8, а также содержание фракции Са–Р 8–10 мг P_2O_5/100 г почвы (метод Чанга-Джексона) и содержание физической глины в пределах 44–48 %. Во всяком случае, именно на почвах с такими свойствами использование метода Кирсанова позволяет почти идеально идентифицировать их фосфатное состояние.

Поскольку почвы Украинского Полесья, как правило, характеризуются легким гранулометрическим составом (менее 20 % физической глины), использование в Украине данных группировок обеспеченности почв фосфором и калием по методу Кирсанова ведет к искусственному занижению оценки обеспеченности почв этой зоны элементами питания растений.

Еще более проблематичной задачей является точная диагностика фосфатного состояния черноземных почв зон Лесостепи и Степи. Проблема в том, что черноземы на лессах тяжелого гранулометрического состава содержат повышенное количество апатитоподобных соединений. Большая часть фосфора, содержащегося в этих минералах, растениям недоступна. Тем не менее, этот фосфор частично экстрагируется растворами кислот, в частности 0,5 н уксусной кислотой (ГОСТ 26204–91), что ведет к существенному завышению оценки плодородия этих почв в отношении данного элемента питания [2, 3].

Цель работы – осветить состояние проблемы повышения точности диагностики фосфатного состояния почв Украины на примере Харьковской области.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Харьковская область занимает северо-восточную часть Украины и находится на территории двух природных зон: лесостепной (северо-западная и северная части области) и степной (юго-восточная и южная части). Различия в природных особенностях привели к формированию различных в генетическом отношении почв, а также обусловили значительную пестроту их распространения.

Почвенный покров области включает как почвы оподзоленного ряда (серые лесные, темно-серые оподзоленные, черноземы оподзоленные), так и почвы дернового типа почвообразования (черноземно-луговые, черноземы типичные и обыкновенные).

Методы исследований.

1. Статистически-математический анализ. Анализ и обобщение материалов автоматизированного банка данных агрохимических свойств почв на основе СУБД Access 98. Банк содержит данные анализов около 2000 образцов почв Украины и других стран СНГ и включает как собственные, так и литературные материалы.

2. Вегетационный опыт. Из всех биологических методов только проведение вегетационного опыта позволяет получить объективную сравнительную оценку обеспеченности разных типов почв макроэлементами питания, поскольку при этом в наибольшей степени соблюдается принцип единственного различия.

Изучаемые почвы – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый (Харьковский район), чернозем типичный (Харьковский район) и чернозем обыкновенный (Красноградский район Харьковской области).

Схема вегетационного опыта:

1. Контроль – без удобрений
2. $N_{90}K_{90}$ – фон 1
3. Фон 1 + P_{30}
4. Фон 1 + P_{60}
5. Фон 1 + P_{90}
6. $N_{90}P_{90}$ – фон 2
7. Фон 2 + K_{30}
8. Фон 2 + K_{60}
9. Фон 2 + K_{90}

Повторность вариантов опыта – 3-кратная. Вес почвы в сосуде – 5 кг. Всего 81 сосуд. Тестовая культура – овес на зеленую массу.

3. Химические анализы почв и растений. Анализы проводились согласно нормативным документам Украины (ДСТУ) и ГОСТа СССР. В почвенных образцах определяли: подвижные соединения фосфора по Чирикову (ГОСТ 26204–91), Мачигину (ДСТУ 4114–2002) и Карпинскому-Замятиной (ДСТУ 4727:2007). Определение общих форм азота, фосфора и калия в одной навеске растительного материала проводилось согласно МВВ 31−497058−024−2005.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее, одним из авторов [4], были установлены закономерности зависимости между содержанием апатитов и количеством P_2O_5, извлекаемой раствором уксусной кислоты. Данная зависимость характеризуется следующим уравнением:

$$У = 0,56 + 0,40X, \quad r = 0,96, \tag{1}$$

где У – содержание P_2O_5 по Чирикову, мг/100 г почвы; X – содержание фракции Ca–P, мг P_2O_5/100 г почвы (метод Chang, Jackson, вариант Аскинази, Гинзбург, Лебедевой).

То есть, увеличение в почве количества высокоосновных фосфатов кальция на 1 мг/100 г почвы искусственно завышает содержание P_2O_5 по Чирикову на 0,4 мг/100 г почвы.

Была предложена поправка на влияние этих соединений, которую можно сделать, используя формулу:

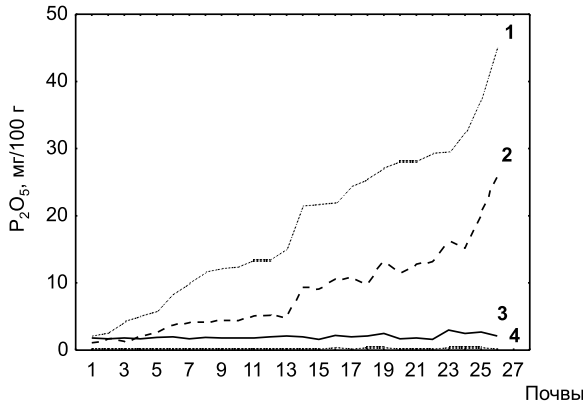
$$Ур = Уф + 4,9 – 0,4X, \tag{2}$$

где Ур – расчетное содержание P_2O_5, мг/100 г почвы с поправкой на влияние Ca–P; Уф – фактическое содержание P_2O_5, мг/100 г почвы, полученное по данным анализа; X – содержание фракции Ca–P, мг/100 г почвы (Chang, Jackson, вариант Аскинази, Гинзбург, Лебедевой).

На рисунке 1 приведены данные о содержании подвижного фосфора (разными методами) в основных типах экстенсивно используемых пахотных почв Украины. При этом содержание P_2O_5 по методу Чирикова (ГОСТ 26204) растет от очень низкого – 1,1 мг/100 г (связно-песчаная дерново-подзолистая почва) до очень высокого – 34,5 мг/100 г (лугово-черноземная тяжелосуглинистая почва).

И это несмотря на многовековую эксплуатацию почв, особенно черноземных, в режиме их постоянного «истощения» и «деградации». В данном случае увеличение содержания P_2O_5 связано именно с увеличением содержания в почвах апатитоподобных соединений. То есть, кислоторастворимый фосфор, во всяком случае, большую его часть, в черноземах типичных и обыкновенных нельзя назвать подвижным (доступным растениям). Это просто определенная часть валового фосфора.

Ранее нами было установлено, что метод Чирикова позволяет получить наиболее объективную оценку фосфатного состояния почв с содержанием фракции Са–Р –13–15 мг P_2O_5/100 г и имеющих значения pH_{KCl} в пределах 4,5–6,8.



1 – содержание апатитов (P_2O_5, фракция Са–Р, метод Chang, Jackson); 2 – содержание P_2O_5 по Чирикову (ГОСТ 26204); 3 – содержание P_2O_5 по Olsen (ДСТУ ISO 11263); 4 – содержание P_2O_5 по Карпинскому–Замятиной (ДСТУ 4727).

Рис. 1. Содержание P_2O_5 в пахотном слое основных неудобренных почв Украины в зависимости от метода определения (стандарта СССР или стандартов Украины): 1–5 – дерново-подзолистые почвы; 6–13 – серые лесные, темно-серые оподзоленные и черноземы оподзоленные; 14–26 – черноземы типичные и обыкновенные.

Поскольку областные филиалы «Института охраны почв Украины» количество апатитоподобных соединений в почвах не определяют, сделать поправку на влияние этого фактора в условиях производства просто невозможно. Поэтому применение кислотного метода Чирикова на почвах аккумулятивного типа почвообразования на лессах и лессовидных суглинках лесостепной и степной зон всегда будет приводить к большим ошибкам.

Вследствие этого, согласно национальному стандарту Украины, сфера использования метода Чирикова ограничена почвами оподзоленного ряда лесостепной зоны. Основные отличия нормативного документа Украины от ГОСТ СССР – это именно измененная сфера использования метода. Кроме того, целью снижения ошибки определения P_2O_5 и K_2O, в ДСТУ включена таблица с поправками на влияние определенных значений гранулометрического состава почв. Это позволило существенно повысить точность диагностики фосфатного и калийного состояния почв Украины.

Тем не менее, анализ литературных данных показал, что до настоящего времени, для диагностики фосфатного состояния почв дернового типа почвообразования многие исследователи продолжают использовать ГОСТ 26204.

И это несмотря на то, что для оценки фосфатного состояния данных почв, согласно требованиям нормативных документов Украины, следует использовать такие стандарты: ДСТУ 4114 (метод Мачигина), ДСТУ 4727 (метод Карпинского-Замятиной) и ДСТУ ISO 11263 (метод Olsen).

С целью уточнения полученных ранее закономерностей и дальнейшего совершенствования почвенной диагностики в 2012–2014 гг. были проведены дополнительные исследования.

Изучение фосфатного состояния основных почв Харьковской области показало следующее.

Был подтвержден тезис о тесной связи количества P_2O_5, экстрагируемого из образцов основных почв области раствором 0,5 н уксусной кислотой (ГОСТ 26204–91), с содержанием апатитоподобных соединений. Именно этот фактор и влияет на оценку обеспеченности растений фосфором: по данному методу она искусственно занижена в дерновых оподзоленных супесчаных почвах боровых террас и завышена в пахотном слое черноземов типичных и обыкновенных тяжелого гранулометрического состава (табл.1).

Об этом, в частности, свидетельствуют данные анализов проведенные с использованием так называемых «мягких» методов. Содержание подвижного фосфора, определенного по национальным стандартам Украины (ДСТУ 4114 и ДСТУ 4727) изменялось только в пределах погрешности эксперимента. Это связано с тем, что слабощелочная (pH– 9, метод Мачигина) и солевая вытяжка (pH–5,8, метод Карпинского-Замятиной) не извлекают из почв недоступные растениям соединения фосфора. В пахотном слое неудобренных почв содержание P_2O_5 по данным последнего метода, как правило, находится в пределах 0,02 – 0,025 мг/100 г. Превышение этих значений в пахотном горизонте почв свидетельствует о наличие остаточных фосфатов удобрений.

Таблица 1

Содержание P_2O_5 в неудобренных пахотных почвах Харковской области разного гранулометрического состава по данным разных методов

Почвы	Содержание физической глины, %	Содержание P_2O_5, мг/100 г почвы:			
		по Чангу-Джексону, фракция Са–Р	по Чирикову	по Мачигину	по Карпинскому-Замятиной
Дерновая оподзоленная	14	1,8	0,8	1,7	0,02
Чернозем оподзоленный	24	5,8	2,8	1,6	0,025
Темно-серая оподзоленная	52	12,8	4,5	1,8	0,03
Чернозем типичный	61	22,7	10,8	1,6	0,02
Чернозем обыкновенный	60	28,1	12,2	1,8	0,03

Проведенный перед закладкой вегетационного опыта химический анализ образцов трех черноземных почв Харьковской области показал следующее.

Количество P_2O_5, извлекаемое по методу Чирикова, резко возрастает с увеличением содержания апатитоподобных соединений (табл. 2). По данным этого метода, обеспеченность фосфором возрастает от низких значений (3,5 мг P_2O_5/100 г) до высоких (17,8 мг P_2O_5/100 г). Использование формулы 2 (поправка на содержание фракции Са–Р) позволило установить, что реальная обеспеченность фосфором всех трех почв находится на границе низких и средних значений (4,8–6,4 мг P_2O_5/100 г).

Таблица 2

Содержание P_2O_5 в изучаемых почвах по данным разных методов

Почва	Содержание P_2O_5, мг/100 г почвы			
	фракция Са–Р	по Чирикову (фактическое)	по Чирикову (расчетное)	по Карпинскому-Замятиной
Чернозем оподзоленный	8,9	3,5	4,8	0,020
Чернозем типичный	21,8	9,0	5,2	0,025
Чернозем обыкновенный	40,8	17,8	6,4	0,038

Анализ почв, проведенный по методу Карпинского-Замятиной подтвердил правильность расчетных значений: фосфатный уровень всех трех почв соответствовал границе низкой и средней обеспеченности этим элементом питания растений.

Тенденция к повышению содержания подвижного фосфора удобрений в черноземе обыкновенном (до 0,038 мг P_2O_5/кг) связана с наличием незначительного количества остаточных фосфатов удобрений (предыдущей удобренностью). Для сравнения: высокая обеспеченность почв фосфором соответствует значению 0,18 мг P_2O_5/100 г.

Безусловно, данные химического анализа почв позволяют получить важную информацию о состоянии плодородия почв, но «спросить мнение самих растений» позволяют лишь биологические методы.

Сопоставление данных химического анализа трех почв (контрольные варианты) и количества P_2O_5, содержащегося в зеленой массе овса, показало следующее.

Резкое увеличение содержания P_2O_5 по методу Чирикова с 3,5 мг/100 г в черноземе оподзоленном, до 17,8 мг/100 г в черноземе обыкновенном, то есть на 14,3 мг/100 г совершенно не отразилось на количестве фосфора, поступившего в растения (рис. 2). Для большей наглядности рисунка содержание P_2O_5 по Чирикову выражено в мг/10 г почвы.

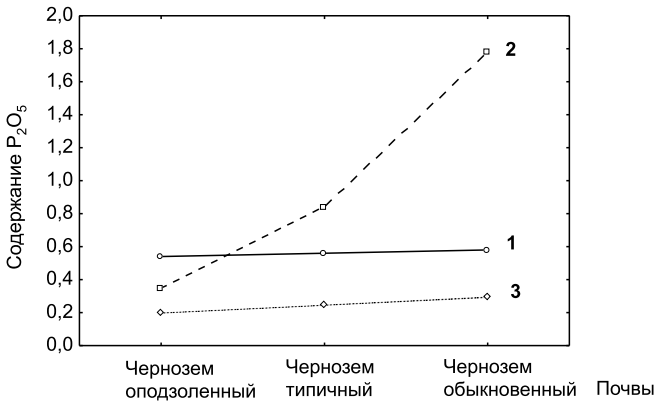


Рис. 2. Содержание фосфора в образцах изучаемых черноземов по данным кислотного и солевого методов, а также содержание P_2O_5, поступившего в растения овса (вегетационный опыт, вариант 000)

1 – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; 2 – содержание P_2O_5 по Чирикову, мг/10 г почвы; 3 – содержание P_2O_5 по Карпинскому–Замятиной, мг/кг почвы

Вместе с тем, как видно из этого же рисунка, динамика поступления P_2O_5 в растения была практически идентичной динамике содержания фосфора по методу Карпинского-Замятиной.

В результате проведенной статистической обработки полученных данных (корреляционный анализ) установлены закономерности связи между содержанием P_2O_5 в почвах по Чирикову (контрольные варианты трех почв) и поступлением фосфора в растения. Данная зависимость характеризуется следующим уравнением:

$$У = 0,53 + 0,003X \quad r = 0,82, \tag{3}$$

где У – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X – содержание P_2O_5 по Чирикову (варианты 000), мг/100 г почвы.

Согласно полученной модели, сдвиг содержания P_2O_5 в почвах (вариант 000) по методу Чирикова на 1 мг P_2O_5 100 г способствовал повышению P_2O_5 в растениях всего на 0,003 %. А при увеличении содержания P_2O_5 в почве на 14,2 мг/100 г (фактическое увеличение) содержание фосфора в растениях повысилось на 0,03 %, при значении $НСР_{0,95}$ равном 0,031 %. То есть, даже несмотря на наличие остаточных фосфатов в черноземе обыкновенном, отмеченное повышение P_2O_5 в растениях находится в пределах ошибки опыта.

Совсем другая закономерность наблюдается на удобренных вариантах опыта (в ряду P_0, P_{30}, P_{60}, P_{90}):

$$У= 0,32 + 0,06X_1 \quad r = 0,93, \tag{4}$$

где У – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X_1 – содержание P_2O_5 по Чирикову в черноземе оподзоленном (удобренные варианты), мг/100 г почвы.

$$У = 0,20 + 0,04X_2 \quad r = 0,99, \tag{5}$$

где У – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X_2 – содержание P_2O_5 по Чирикову в черноземе типичном (удобренные варианты), мг/100 г почвы.

$$У_4= – 0,84 + 0,08X_3 \quad r = 0,89, \tag{6}$$

где У – содержание P_2O_5 в зеленой массе овса, %; X_3 – содержание P_2O_5 по Чирикову в черноземе обыкновенном (удобренные варианты), мг/100 г почвы.

Известно, что химические методы четко отражают удобренность почв в отношении фосфора.

На свежеудобренных вариантах всех изучаемых почв сдвиг содержания P_2O_5 на единицу по методу Чирикова повышал содержание фосфора в растениях на 0,04–0,08 %. То есть, в этом случае интенсивность процесса поступления фосфора в растения увеличилась, в среднем, в 20 раз по сравнению с контролем (000). И это несмотря на тот факт, что содержание подвижного фосфора (мг P_2O_5/100 г) по Чирикову повышалось незначительно: на первой почве – на 1,0, на второй – на 1,3 и на третьей – на 2,2.

Результаты опыта свидетельствует о том, что на неудобренных вариантах типичного и, особенно, обыкновенного черноземов большую часть фосфора,

переходящего в 0,5 н CH_3COOH можно определить как кислоторастворимый фосфор.

Полученные данные еще раз свидетельствуют о том, что метод Чирикова малопригоден для оценки природной обеспеченности черноземных почв дернового типа почвообразования.

При последующем внесении удобрений и накоплении остаточных фосфатов негативное влияние апатитов на оценку обеспеченности данных почв фосфором не исчезнет. Поэтому ранее [5] предлагалось для метода Чирикова принять за оптимальный фосфатный уровень (в зависимости от выращиваемой культуры) накопление 4–8 мг P_2O_5/100 г остаточных фосфатов удобрений сверх природного уровня.

ВЫВОДЫ

Черноземы типичные и обыкновенные на лессовых породах тяжелого гранулометрического состава лесостепной и степной зон Украины содержат повышенное количество апатитоподобных соединений. Вследствие этого использование любых кислотных методов, в том числе ГОСТ 26204 (метод Чирикова), ведет к существенному искусственному завышению оценки фосфатного состояния данных почв.

Для диагностики их фосфатного состояния, согласно требованиям нормативных документов Украины, следует использовать следующие стандарты: ДСТУ 4114 (метод Мачигина), ДСТУ 4727 (метод Карпинского–Замятиной) и ДСТУ ISO 11263 (метод Olsen).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Греков, В.О.* Сертифікація ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення //Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21-го століття :Тези доповідей Міжн. наук.-практ. конференції, присвяченої 50–річчю з дня створення Інституту ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського / В.О.Греков, Л.В. Дацько, М.І. Майстренко. – Харків: КП Друкарня № 13. – 2006. – С. 3–5.

2. *Христенк, А.О.* Нормативні та методичні умови підвищення точності діагностики родючості ґрунтів / А.О. Христенко // Вісник аграрної науки. – 2011. – № 6. – С. 12–15.

3. Проблеми підвищення точності агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / А.О. Христенко [та ін.] // Агрохімія і грунтознавство. – 2012. – Вип. 78. – С. 71–75.

4. *Христенко, А.О.* Розробка стандарту України на методи визначення рухомих сполук фосфору і калію в грунтах / А.О Христенко // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 6. – С. 9–13.

5. *Носко, Б.С.* Эволюция показателей почвенного плодородия и их оптимальные параметры в условиях интенсификации земледелия на Украине / Б.С. Носко, А.А. Христенко // Параметры плодородия основных типов почв. – М.: ВО Агропромиздат, 1988. – С. 237–253.

PROBLEMS OF IMPROVING DIAGNOSIS OF SOIL PHOSPHATE STATE

A.A. Khristenko, A.P. Neshta

Summary

As a result of use of complex of methods based on different principles, it is set that acid method of Chirikov (GOST–26204) is of little use for estimation of phosphorus natural supply of chernozems typical and ordinary on loess rocks. For this purpose it is expedient to use weakly alkalescent or salt methods.

Поступила 09.06.14

УДК 633.13:631.8.022.3:631.445.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВСА В ТРАДИЦИОННОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Т.М. Серая[1], Е.Н. Богатырева[1], Ю.А. Белявская[1], Т.М. Кирдун[1], О.М. Бирюкова[1] М.М.Торчило[1], И.Г. Волчкевич[2], М.И. Жукова[2]

[1]Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь
[2]Институт защиты растений, а.г. Прилуки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всего периода сельскохозяйственной деятельности человек пытался снизить зависимость от окружающей среды и изменить ее в своих целях, зачастую истощая естественные ресурсы, в том числе почвенные. Научно-технический прогресс обеспечил возможность контролировать, управлять многими происходящими в почве процессами. Но в результате массированного техногенного воздействия природа (почва) утрачивает способность к самовосстановлению. Появилась необходимость пересмотреть подходы к применению научных знаний в природной системе. В сельском хозяйстве это привело к созданию органического земледелия, которое предполагает исключение синтетических удобрений и средств защиты растений.

Органическое сельское хозяйство – это система производства, которая поддерживает состояние почв, экосистем и людей. Система базируется на экологических процессах, биологическом разнообразии и циклах с учетом местных природных условий, а также старается избегать методов с неблагоприятными последствиями. Органическое сельское хозяйство сочетает традиции, инновации и научные исследования для получения пользы от окружающей среды, распространения полезных взаимосвязей и хорошего качества жизни для всех, кто вовлечен в эту систему. Органическое сельское хозяйство основывается

на глубоком знании и учёте законов биологического развития и экономической целесообразности [1].

В последние годы в мире экологическое землепользование получило существенное развитие: в Европе под органическим земледелием занято 5,1 млн га, Северной Америке – 1,5, Австралии – 10,6 млн га. Во всех странах, особенно на первом этапе, органическое земледелие является дотационным [2].

В Республике Беларусь органическое земледелие на данном этапе только зарождается [3]. Используя опыт других стран, необходимо иметь в виду, что, органическое земледелие на территории Республики Беларусь будет иметь свои особенности, определяемые экономическими и почвенно-климатическими условиями. Это и обуславливает необходимость проведения исследований по разработке агробиологических и агротехнических приемов органического земледелия для условий нашей страны со сравнительной оценкой урожайности, качества и экономических показателей органической продукции.

Овес – важная зерновая культура. Особенностью этой культуры является разноплановость ее использования. Зерно овса служит хорошим концентрированным кормом для сельскохозяйственных животных. В пищевой промышленности использование овса связано с хорошей усвояемостью питательных веществ и витаминов, что делает его особенно ценным для детского питания и актуализирует возделывание этой культуры, особенно в условиях биологизации земледелия [4].

Цель исследований – дать сравнительную оценку урожайности и качества зерна овса при возделывании по традиционной и органической системам земледелия

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2013–2014 гг. в полевом технологическом опыте в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой оглеенной внизу суглинистой, развивающейся на мощном легком лессовидном суглинке, почве. Опыт заложен в двух последовательно открывающихся полях. Пахотный слой исследуемой почвы имел следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} – 5,7–6,0, содержание гумуса – 2,52–2,99 %, P_2O_5 – 733–818 мг/кг и K_2O – 375–404 мг/кг почвы, CaO – 1796–1878 мг/кг и MgO – 225–269 мг/кг почвы.

Возделывали овес Юбиляр по схеме опыта, приведенной в таблице 1. Традиционная система земледелия предусматривала применение удобрений и средств защиты растений согласно технологическому регламенту. При органической системе земледелия минеральные удобрения и химические средства защиты растений не применялись.

Обработки посевов овса пестицидами, возделываемого по традиционной технологии: в фазу кущения овса обработка гербицидом Балерина, СЭ из расчета – 0,4 л/га (2013 г.); Прима СК, – 0,5 л/га (2014 г.). В стадию флагового листа проведена защита растений овса от болезней фунгицидом Менара КЭ – 0,45 л/га.

Вермикомпост вносили весной под культивацию, Азофобактерин–АФ в два приема: обработка почвы перед посевом (2 кг/га) и в фазу 1-го узла (2 кг/га).

Изучение фитосанитарной обстановки в агробиоценозе овса по засоренности и фитопатологической ситуации осуществляли по общепринятым в защите рас-

тений методикам, изложенным в методических руководствах [5, 6, 7], остаточные количества действующих веществ применяемых в посевах овса пестицидов согласно [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2013 г. за счет плодородия дерново-подзолистой суглинистой почвы при соблюдении элементов традиционной технологии возделывания получено зерна овса 39,0 ц/га. Погодные условия вегетационного периода 2014 г. были более благоприятны для роста и развития растений овса – урожайность составила 50,4 ц/га (табл. 1). Следует отметить, что подобранный для опыта участок достаточно чистый от сорняков, поэтому при органической системе земледелия, исключение химической защиты посевов не привело к существенному недобору зерна (1,9 ц/га в среднем за два года) относительно урожая, полученного в неудобренном варианте при традиционной системе возделывания. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60+30}P_{30}K_{50}$ обеспечило в среднем за 2 года дополнительный сбор зерна 9,9 ц/га, однако стоимость прибавки урожая не компенсировала затраты на удобрения: убыток составил 63 USD/га.

Применение бактериальных удобрений Азофобактерин–АФ и Вермикомпост под овес, возделываемый по органической системе земледелия, способствовало повышению урожайности относительно неудобренного варианта в среднем на 5,9 и 5,6 ц/га соответственно. Учитывая высокую стоимость применяемых удобрений (Азофобактерин–АФ – 70 USD/кг, Вермикомпост – 215 USD/т), убыток от их применения составил 235 и 1033 USD/га соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зерна овса при разных системах возделывания, среднее за 2013-2014 гг.

Система	Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га	Чистый доход, USD/га
		2013 г.	2014 г.	среднее		
Традиционная	Без удобрений (фон 1)	39,0	50,4	44,7	–	–
	$N_{60+30}P_{30}K_{50}$	43,9	65,3	54,6	9,9	-63
	Азофобактерин–АФ, 4 кг/га	42,6	57,3	50,0	5,1	-241
	Вермикомпост, 5 т/га	40,5	60,6	50,6	5,7	-1013
Органическая	Без удобрений (фон 2)	36,5	49,1	42,8	–	–
	Азофобактерин–АФ, 4 кг/га	42,4	55,0	48,7	5,9	-235
	Вермикомпост, 5 т/га	39,4	57,4	48,4	5,6	-1033
	$НСР_{05}$	3,5	4,3	3,9	3,9	

При возделывании овса на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве содержание фосфора, калия, кальция и магния в зерне не зависело от применяемых систем земледелия, изменения по вариантам находились в пределах ошибки опыта. Содержание фосфора в зерне было в пределах 0,53–0,57 %, калия – 0,70–0,75 %, кальция – 0,09–0,11 %, магния – 0,16 %. Наиболее изменчивым было содержание азота: от 1,37% в варианте с внесением минеральных удобрений до 1,19 % в варианте с внесением Вермикомпоста.

В результате хозяйственный вынос элементов питания с урожайностью основной и побочной продукции овса максимальным был при минеральной системе удобрения, минимальным – при органической системе земледелия (табл. 2). С 1 т зерна при традиционной системе удобрения в варианте с внесением $N_{60+30}P_{30}K_{50}$ вынесено азота 18,4 кг, фосфора – 12,0, калия – 35,0 кг. Удельный вынос элементов питания с урожаем при органической системе земледелия в удобренных вариантах был ниже и составил азота – 15,4–15,7 кг/т, фосфора – 9,5–9,6, калия – 26,1–28,7 кг/т.

Расчет баланса основных элементов питания в почве показал, что при возделывании овса применяемые системы удобрения не обеспечили бездефицитный их баланс: в варианте с внесением $N_{60+30}P_{30}K_{50}$ баланс был отрицательным по всем элементам питания, еще более отрицательным, особенно по азоту он был при органической системе земледелия (табл. 3).

При оценке качества продукции растениеводства большое значение имеют такие показатели, как содержание и сбор сырого белка, кормопротеиновых единиц (КПЕ), обеспеченность переваримым протеином (Пп) корма. Показатель кормопротеиновой единицы учитывает одновременно содержание в зерне кормовых единиц и переваримого протеина, т.к. корма, близкие по содержанию кормовых единиц, могут значительно различаться по содержанию сырого и переваримого протеина. К числу наиболее важных показателей ценности зерновых культур относят содержание сырого протеина.

Таблица 2

Влияние применяемых систем удобрения на хозяйственный и удельный вынос с основных элементов питания с урожаем овса, среднее за 2013–2014 гг.

Система	Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Традиционная	Без удобрений (фон 1)	77	49	146	17,2	11,0	32,6
	$N_{60+30}P_{30}K_{50}$	100	65	191	18,4	12,0	35,0
Органическая	Без удобрений (фон 2)	70	44	113	16,4	10,2	26,4
	Азофобактерин–АФ, 4 кг/га	76	46	140	15,7	9,5	28,7
	Вермикомпост, 5 т/га	74	46	127	15,4	9,6	26,1

Таблица 3

Влияние применяемых систем удобрения на баланс основных элементов питания в почве при возделывании овса, среднее за 2013–2014 гг.

Система	Вариант	Баланс, +кг/га		
		N	P_2O_5	K_2O
Традиционная	Без удобрений (фон 1)	-77	-49	-146
	$N_{60+30}P_{30}K_{50}$	-10	-35	-141
Органическая	Без удобрений (фон 2)	-70	-44	-113
	Азофобактерин–АФ, 4 кг/га	-76	-46	-140
	Вермикомпост, 5 т/га	-37	-23	-85

При сравнительной оценке влияния двух систем земледелия на содержание сырого белка в зерне овса установлено, что в неудобренных вариантах данный показатель находился на уровне 10,9–11,1 % в расчете на сухое вещество

(табл. 4). На фоне минеральных удобрений содержание сырого белка составило 11,6 %, в варианте с применением бактериального удобрения – 10,9 %. При внесении Вермикомпоста в дозе 5 т/га этот показатель составил 11,1%.

Расчет кормовой продуктивности при уборке овса в фазу полной спелости зерна показал, что применение минеральных удобрений в дозах $N_{60+30}P_{30}K_{50}$ при традиционной системе земледелия способствовало формированию зерна лучшего качества при максимальном выходе сырого белка с одного гектара 545 кг и кормопротеиновых единиц – 57,4 ц. Обеспеченность 1 кг корма переваримым протеином составила 92 г.

Таблица 4

Показатели качества зерна овса, среднее за 2013–2014 гг.

Система земледелия	Вариант	Сырой белок, % в сухом веществе	Сбор сырого белка, кг/га	Сбор Пп, кг/га	Пп, г/кг корма	Сбор КПЕ, ц/га
Традиционная	Без удобрений (фон 1)	10,9	419	386	86	45,5
	$N_{60+30}P_{30}K_{50}$	11,6	545	501	92	57,4
Органическая	Без удобрений (фон 2)	11,1	407	374	87	43,9
	Азофобактерин–АФ, 4 кг/га	10,9	456	426	87	49,9
	Вермикомпост, 5 т/га	11,1	463	430	89	50,0
	$НСР_{05}$	0,8				

При органической системе земледелия содержание сырого белка в зерне овса имело выраженную тенденцию к снижению. В результате сбор переваримого протеина был на 75–79 кг/га, а сбор кормопротеиновых единиц – на 7,4–13,5 ц/га ниже, чем в варианте с минеральной системой удобрения.

Применение удобрений оказывает влияние не только на содержание белка, но изменяет и его качество. В настоящее время установлено, что биосинтез индивидуальных, специфических для данного организма белков определяется генетическими факторами. Поэтому нельзя изменить фракционный или аминокислотный состав индивидуальных растительных белков теми или иными агротехническими приемами. Однако при этом можно в определенной степени влиять на количество той или иной фракции или аминокислоты. Содержание незаменимых аминокислот определяет биологическую ценность белка зерна. Установлено, что содержание всех незаменимых аминокислот в зерне овса имело выраженную тенденцию к снижению при органической системе земледелия по сравнению с минеральной системой удобрения (табл. 5).

Таблица 5

Содержание незаменимых аминокислот в зерне овса при разных системах земледелия, среднее за 2013–2014 гг.

Система	Вариант	Лизин	Треонин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин
Традиционная	Без удобрений (фон 1)	2,69	2,07	1,30	5,20	2,91	7,70	4,44
	$N_{60+30}P_{30}K_{50}$	3,07	2,11	1,36	5,39	3,25	8,01	4,38
Органическая	Без удобрений (фон 2)	2,74	2,08	1,13	4,49	2,46	7,45	3,83
	Азофобактерин–АФ, 4 кг/га	2,28	2,02	1,16	4,62	2,68	6,89	3,80
	Вермикомпост, 5 т/га	2,31	2,06	1,15	4,60	2,61	6,60	3,80

При переходе на принципы органического сельского хозяйства возрастает роль фитосанитарного мониторинга за экономически значимыми сорняками, болезнями растений и фитофагами, снижающими продуктивность растений и качество получаемой продукции, для решения проблем фитосанитарного оздоровления агробиоценозов сельскохозяйственных культур, возделываемых по системе органического производства [5].

Впосевах овса при разных системах возделывания выявлено поражение растений такими болезнями, как красно-бурая пятнистость, септориоз, корончатая ржавчина. Комплексное развитие красно-бурой пятнистости и септориоза в стадию флагового листа находилось на депрессивном уровне составляло 0,1–0,2 % при традиционной системе возделывания и 0,3–0,4 % при органической при распространенности болезней от 30,0 до 73,0 %. Корончатая ржавчина отмечена только при органической системе земледелия в вариантах с Азофобактерином и подстилочным навозом (0,1 %) (табл. 6).

Таблица 6

Развитие и распространенность листовых болезней овса, 2014 г.

Вариант	Красно-бурая пятнистость и септориоз		Корончатая ржавчина	
	развитие болезни, %	распространенность болезни, %	развитие болезни, %	распространенность болезни, %
Традиционная система удобрений				
Без удобрений	0,2	51,0	0,0	0,0
$N_{60+30}P_{30}K_{50}$	0,1	30,0	0,0	0,0
Органическая система земледелия				
Без удобрений	0,4	73,0	0,0	0,0
Азофобактерин–АФ	0,3	66,0	0,1	7,0
Вермикомпост	0,4	69,0	0,1	7,0

При оценке засоренности посевов овса по биологическим группам установлено доминирование малолетних видов: озимых и зимующих сорняков (63-68 % от общей численности) по двум системам возделывания (табл. 7). Из яровых видов превалировали марь белая и горец вьюнковый при выращивании овса по органической системе, из озимых зимующих – фиалка полевая при возделывании по традиционной и минимизированной системах и звездчатка средняя – по органической.

Таблица 7

Засоренность посевов овса по биологическим группам сорных растений

Система удобрения		Группа сорных растений, шт./м^2			
		всего	малолетние		многолетние
			яровые	озимые и зимующие	
Традиционная	2013 г.	29,4	4,3	24,5	0,6
	2014 г.	18,8	6,5	11,8	0,5
Органическая	2013 г.	36,6	15,0	21,6	0,0
	2014 г.	35,2	11,6	23,5	0,1

По результатам определения остаточных количеств действующих веществ гербицида Балерина, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д кислоты, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л), внесенного в дозе 0,4 л/га в 2013 г., гербицида Прима, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д кислоты, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) в дозе 0,5 л/га и фунгицида Менара КЭ (ципроконозол, 160 г/л + пропиконазол, 250 г/л) в дозе 0,45 л/га (2014 г.) в зерне овса не обнаружено.

ВЫВОДЫ

На высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве возделывание овса без применения минеральных удобрений и синтетических средств защиты растений обеспечило получение урожайности зерна 42,8 ц/га. Внесение Азафобактерина–АФ (4 кг/га) и Вермикомпоста (5 т/га) способствовало увеличению урожайности на 5,9 и 5,6 ц/га соответственно, однако убыток от этого агроприема составил 235 и 1033 USD/га. Недобор урожая зерна из-за отказа от средств защиты растений был не существенным и составил 2 ц/га.

Зерно овса, выращенное при органической системе земледелия, характеризовалось несколько более низким содержанием белка и незаменимых аминокислот по сравнению с традиционной системой удобрения.

Развитие болезней на растениях овса в стадию флагового листа находилось на депрессивном уровне и не превышало 0,1 % при традиционной системе возделывания и 0,4 % при органической при распространенностиболезней от 30,0 до 73,0 %.

Соблюдение регламентов использования пестицидов в посевах овса обеспечило отсутствие остаточных количеств их действующих веществ (ЭГЭ 2,4-Д кислоты, флорасулам, ципроконозол, пропиконазол) в зерне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормативы органического производства Европейского Сообщества. – Минск: Донарит, 2013. – 183 с.

2. Развитие биоорганического сельского хозяйства / В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2012. – 75 с.

3. *Скоропанова, Л.С.* Органическое сельское хозяйство в мире и Беларуси / Л.С. Скоропанова // Наше сельское хозяйство. – 2011. – № 6. – С.83–86.

4. *Халецкий, С.П.* Технологические основы выращивания овса / С.П. Халецкий, Л.С. Кононученко // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – № 3 (47). – С. 24–29.

5. Интегрированные системы защиты зерновых культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации / С.В. Сорока [и др.]. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2012. – 17 с.

6. Методические указания по проведению регистрационных испытаний гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / сост.: С.В.Сорока, Т.Н. Лапковская. – Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного, 2007. – 58 с.

7. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / А.В. Герасимова [и др.]; под ред. С.Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – 512 с.

8. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. – М., 1983. – С 176–182.

COMPARATIVE EFFICIENCY OF OATS CULTIVATION IN CONVENTIONAL AND ORGANIC FARMING SYSTEM ON SOD-PODZOLIC LOAMY SOIL

T.M. Seraya, E.N. Bogatyrova, Yu.A. Belyavskaya, T.V. Kirdun, O.M. Biryukova, M.M. Torchilo, I.G. Volchkevich, M.I. Zhukova

Summary

In studies on high-fertile sod-podzolic loamy soil is established that the oats cultivation without the use of mineral fertilizers and synthetic plant protection products has ensured the grain yield of 42.8 kg/ha. The grain yield decrease because of the refusal plant protection products was not significant and amounted to 2 kg/ha.

Oats grain obtaining in the organic farming system was characterized by a slightly lower protein content and essential amino acids compared to conventional fertilizers.

Compliance with regulations on the use of pesticides in oats crops ensured the absence of residual amounts of their active ingredients in the grain.

Поступила 17.11.14

УДК 633.112.9«321»:631[84+5+81.095.337]

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ

Т.М. Булавина

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одной из наиболее урожайных и высокобелковых зерновых культур, возделываемых в Беларуси, является яровое тритикале. За последние годы его посевные площади в республике составляют около 20 тыс. га с перспективой дальнейшего расширения до 50 тыс. га. Для реализации высоких потенциальных возможностей ярового тритикале необходимо дальнейшее совершенствование основных элементов технологии его возделывания применительно к конкретным условиям произрастания и сортовым особенностям.

Среди основных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур имеет большое значение применение азотных удобрений и микроэлементов, которые принимают участие в важнейших физиологических процессах. Использование микроудобрений улучшает рост и развитие сельскохозяйственных культур, их устойчивость к неблагоприятным погодным условиям, болезням, вредителям, повышает эффективность минеральных удобрений, прежде всего азотных, что способствует увеличению урожайности и повышению качества продукции [1, 3].

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния азотных удобрений, микроэлементов на урожайность зерна ярового тритикале проводили (2011–2012 гг.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 5,79–6,0; содержание P_2O_5 – 257–293 мг/кг, K_2O – 281–332 мг/кг почвы, гумус – 2,74–2,91 %. Предшественник ярового тритикале – овес. Фосфорно-калийные удобрения ($P_{60}K_{120}$) вносили под вспашку, а азотные в соответствии со схемой опыта весной: N_{80} – под предпосевную культивацию, N_{20-60} – в фазу выхода в трубку. Микроудобрения Фитовитал (0,6 л/га) и Эколист Зерновые (2,0 л/га) применяли в фазу флагового листа. Для посева использовали семена Узор. Норма высева – 5,0 млн/га всхожих зерен. Семена перед посевом обрабатывали препаратом Кинто дуо (2,0 л/т). Для уничтожения сорняков в фазу кущения ярового тритикале применяли гербицид Прима (0,6 л/га), а для защиты посевов от болезней в фазу флагового листа культуры использовали фунгицид Альто супер (0,4 л/га). Площадь делянки – 25 м^2, повторность 4-кратная.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метеорологические условия в период проведения исследований существенно различались по годам как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков. Наиболее благоприятными они были в 2012 г., что обусловило формирование урожайности ярового тритикале в пределах 55,0–63,3 ц/га в зависимости от применения азотных удобрений и микроэлементов. В менее благоприятных погодных условиях 2011 г. этот показатель был ниже и составил 27,5–41,7 ц/га.

Установлено, что в среднем за период исследований при возделывании ярового тритикале без применения микроэлементов с использованием дозы азота N_{80+20} урожайность зерна составила 41,3 ц/га. В вариантах, где азот применяли в дозах N_{80+40} и N_{80+60}, этот показатель увеличился соответственно до 46,3 и 49,6 ц/га, т.е. на 5,0 и 8,3 ц/га, или 12,1 и 20,1 % (табл. 1).

Таблица 1

Влияние азотных удобрений и микроэлементов на урожайность зерна ярового тритикале, ц/га

Вариант	2011 г.	2012 г.	Среднее
Контроль (без микроэлементов)			
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	27,5	55,0	41,3
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	34,8	57,8	46,3
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	38,0	61,1	49,6
Эколист Зерновые (2,0 л/га)			
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	30,9	56,9	43,9
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	38,8	59,5	49,2
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	41,3	63,3	52,3
Фитовитал (0,6 л/га)			
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	31,4	57,3	44,4
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	38,6	60,0	49,3
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	41,7	62,7	52,2
$НСР_{05}$	1,8	2,6	

Применение микроэлементов также способствовало повышению урожайности зерна ярового тритикале, однако прибавки от их использования были менее значимыми, чем от азота, и зависели от уровня применения последнего. Так, на фоне N_{80+20} использование препарата Эколист увеличило урожайность зерна в среднем на 2,6 ц/га (6,3 %), а Фитовитала – на 3,1 ц/га (7,5 %). В вариантах с применением азота в дозе N_{80+40} указанный выше показатель составил соответственно 2,9 и 3,0 ц/га (6,3 и 6,5 %), а N_{80+60} – 2,7 и 2,6 ц/га (5,4 и 5,2 %). Полученные результаты свидетельствуют о примерно равной хозяйственной эффективности микроудобрений Эколист Зерновые и Фитовитал, что представляет несомненный интерес с точки зрения импортозамещения.

Сопоставляя урожайные данные ярового тритикале в вариантах, где эту культуру возделывали на фоне N_{80+40} с применением микроэлементов, и без использования последних на фоне N_{80+60}, можно сделать вывод о том, что препараты Эколист и Фитовитал по своему влиянию на урожайность зерна обеспечили примерно такой же эффект, как и дополнительное внесение 20 кг/га д.в. азота. При этом необходимо отметить, что если стоимость дозы азота N_{20} составляет 151,86 тыс. руб./га, то стоимость гектарной нормы препаратов Эколист Зерновые и Фитовитал – 66,54 и 50,06 тыс. руб., т.е. в 2,3 и 3,0 раза меньше. В то же время необходимо отметить, что на более низком уровне азотного питания растений (N_{80+20}) эта закономерность не отмечалась, и дополнительное внесение азота в дозе N_{20} было более эффективным, чем применение микроэлементов.

Для более объективной оценки полученных результатов исследований нами был проведен их экономический анализ. С этой целью были определены эксплуатационные затраты на выполнение операций по возделыванию ярового тритикале современным комплексом отечественных машин (табл. 2). Расчеты проводились по методике определения показателей эффективности новой техники, применяемой в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [2]. При расчете эксплуатационных затрат принимались во внимание амортизационные отчисления на используемую технику, затраты на ее обслуживание и ремонт, заработную плату механизаторов, топливо и энергию, а также прочие затраты. Расчеты показали, что при технологии возделывания ярового тритикале, которая предусматривает применение азотных удобрений в два приема, обработку посевов гербицидом, фунгицидом и микроэлементами при урожайности зерна 40 ц/га, эксплуатационные затраты составляют 3177,30 тыс. руб./га. Различия в вариантах опыта по эксплуатационным затратам при пересчете их на полученную урожайность колебались в пределах 3194,52–3339,39 тыс. руб./га (табл. 3).

Таблица 2

Расчет эксплуатационных затрат на возделывание ярового тритикале, тыс. руб./га

Технологическая операция	Состав агрегата	Заработная плата	Амортизация	Обслуживание и ремонты	Топливо и энергия	Прочие	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Дискование	Беларус 3022 + АПД–7,5	5,8	32,2	20,3	69,0	12,7	140,0
Погрузка удобрений	Амкодор–211	0,3	3,6	1,8	0,5	0,6	6,8

Продолжение табл. 2

Технологическая операция	Состав агрегата	Заработная плата	Амортизация	Обслуживание и ремонты	Топливо и энергия	Прочие	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Транспортировка и внесение калийных удобрений	Беларус 1221 + РУ–7000	4,1	40,7	21,3	12,7	7,9	86,7
Погрузка удобрений	Амкодор–211	0,2	2,3	1,2	0,3	0,4	4,4
Транспортировка и внесение фосфорных удобрений	Беларус 1221 + РУ–7000	2,7	26,6	13,9	8,3	5,1	56,6
Вспашка	Беларус 3022 + ППО–8–40К	15,7	99,9	60,8	176,6	35,3	388,3
Погрузка удобрений	Амкодор–211	0,2	2,3	1,2	0,3	0,4	4,4
Транспортировка и внесение азотных удобрений	Беларус 1221 + РУ–7000	2,7	26,6	13,9	8,3	5,1	56,6
Культивация	Беларус 2022 + АКШ–9	7,2	19,6	12,7	37,7	7,7	84,9
Протравливание семян	УПС–10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Погрузка семян	Вручную	0,6	–	–	–	0,1	0,7
Транспортировка семян и загрузка сеялок	Газель	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1	0,7
Предпосевная обработка почвы и посев	Беларус 3022 + АПП–6–01	11,9	143,1	79,6	93,8	32,8	361,2
Подвоз воды	Беларус 1523 + МЖТ–Ф–11	0,4	4,1	2,3	2,0	0,9	9,7
Внесение гербицидов	Беларус 820 + Мекосан–2500–24	4,0	12,2	6,5	6,4	2,9	32,0
Погрузка удобрений	Амкодор–211	0,2	2,3	1,2	0,3	0,4	4,4
Транспортировка и внесение азотных удобрений	Беларус 1221 + РУ–7000	2,7	26,6	13,9	8,3	5,1	56,6
Подвоз воды	Беларус 1523 + МЖТ–Ф–11	0,4	4,1	2,3	2,0	0,9	9,7
Внесение микроэлементов и фунгицидов	Беларус 820 + Мекосан–2500–24	4,0	12,2	6,5	6,4	2,9	32,0

Окончание табл. 2

Технологическая операция	Состав агрегата	Заработная плата	Амортизация	Обслуживание и ремонты	Топливо и энергия	Прочие	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Прямое комбайнирование с измельчением соломы	КЗС–1218 «Полесье» + ПР–7	51,6	659,5	333,4	150,9	119,5	1314,9
Транспортировка зерна	МАЗ–555102–225 (4 т)	11,8	17,8	9,0	46,0	8,5	93,1
Очистка и сушка зерна	СЗШ–40МГ	4,0	211,7	52,9	125,6	39,4	433,6
Итого:		**130,60**	**1347,50**	**654,70**	**755,80**	**288,70**	**3177,30**

Аналогичный подход был использован при расчете производственных затрат на возделывание ярового тритикале. Этот показатель наряду с эксплуатационными затратами включал стоимость семян, применяемых минеральных удобрений, микроэлементов и пестицидов, которая определялась в соответствии с ценами на них, существующими в республике по состоянию на 01.09.2014 г. В соответствии с проведенными расчетами производственные затраты изменялись в пределах 5985,61–6500,72 тыс. руб./га (табл. 3).

Таблица 3

Расчет производственных затрат на возделывание ярового тритикале, тыс. руб./га

Вариант	Семена	Минеральные удобрения	Пестициды и микроэлементы	Эксплуатационные затраты	Производственные затраты
Контроль (без микроэлементов)					
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	672,00	1754,87	364,22	3194,52	5985,61
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	672,00	1906,72	364,22	3260,37	6203,31
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	672,00	2058,57	364,22	3303,83	6398,62
Эколист, 1,0 л/га (ДК 37–39)					
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	672,00	1754,87	430,76	3228,76	6086,39
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	672,00	1906,72	430,76	3298,56	6308,04
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	672,00	2058,57	430,76	3339,39	6500,72
Фитовитал, 0,6 л/га (ДК 3414,287–39)					
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	672,00	1754,87	414,28	3235,35	6076,50
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	672,00	1906,72	414,28	3299,88	6292,88
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	672,00	2058,57	414,28	3338,07	6482,92

Расчеты показали, что в блоке опыта без применения микроэлементов при внесении азота в дозах N_{80+40} и N_{80+60} чистый доход увеличился в сравнении с дозой N_{80+20} на 732,20 и 1163,89 тыс. руб./га, рентабельность – на 10,7 и 16,2 %, а себестоимость зерна уменьшилась на 10,95 и 15,93 тыс. руб./ц. На фоне применения микроудобрений Эколист и Фитовитал изменение этих показателей при внесении возрастающих доз азота находилось примерно на таком же уровне и составило 714,62–1181,67 тыс. руб./га, 10,0–15,8 % и 9,22–14,34 тыс. руб./ц (табл. 4).

Таблица 4

Экономическая эффективность применения микроэлементов и азотных удобрений при возделывании ярового тритикале

Вариант	Стоимость продукции, тыс. руб./га	Производственные затраты, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость, тыс. руб./ц
Контроль (без микроэлементов)					
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	7847,00	5985,61	1861,49	31,1	144,93
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	8797,00	6203,31	2593,69	41,8	133,98
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	9424,00	6398,62	3025,38	47,3	129,00
Эколист, 1,0 л/га (ДК 37–39)					
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	8341,00	6086,39	2254,61	37,0	138,64
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	9348,00	6308,04	3039,96	48,2	128,21
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	9937,00	6500,72	3436,28	52,8	124,30
Фитовитал, 0,6 л/га (ДК 37–39)					
$N_{80+20}P_{60}K_{120}$	8436,00	6076,50	2359,50	38,8	136,86
$N_{80+40}P_{60}K_{120}$	9367,00	6292,88	3074,12	48,8	127,64
$N_{80+60}P_{60}K_{120}$	9918,00	6482,92	3435,08	53,0	124,19

Использование удобрения Эколист Зерновые способствовало увеличению чистого дохода на 393,12–446,27 тыс. руб./га, рентабельности – на 5,5–6,4 % и уменьшило себестоимость зерна на 4,70–6,29 тыс. руб./ц. Применение микроудобрения фитовитал обеспечило увеличение этих показателей на 409,70–498,01 тыс. руб./га, 5,7–7,7% и 4,81–8,07 тыс. руб./ц. При этом необходимо отметить, что если применение препарата Эколист Зерновые в наибольшей степени увеличивало чистый доход и рентабельность на фоне N_{80+40}, то Фитовитал на фоне N_{80+20}.

Наибольший чистый доход при возделывании ярового тритикале был получен в вариантах, где на фоне N_{80+60} применяли микроудобрение Эколист Зерновые или Фитовитал – 3435,08–3436,28 тыс. руб./га. Рентабельность при этом составила 52,8–53,0%, а себестоимость зерна – 124,19–124,30 тыс. руб./ц. В варианте, где эту культуру выращивали с применением азота в дозе N_{80+20} и не использовали микроэлементы, указанные выше показатели были равны 1861,49 тыс. руб./га, 31,1 % и 144,93 тыс. руб./ц. Следовательно, в последнем случае чистый доход и рентабельность снизились в 1,70–1,85, а себестоимость возросла в 1,17 раза.

ВЫВОДЫ

1. Отечественный препарат фитовитал (0,6 л/га) не уступал по влиянию на урожайность зерна ярового тритикале зарубежному комплексному микроудобрению Эколист Зерновые (2,0 л/га), что имеет важное значение с точки зрения импортозамещения. Использование этих препаратов в сложившихся погодных условиях обеспечило на фоне N_{80+40} примерно такое же влияние на урожайность зерна этой культуры, как и дополнительное внесение 20 кг/га д.в. азота.

2. Наибольший экономический эффект при возделывании ярового тритикале получен при использовании азота в дозе N_{80+60} и применении микроудобрений Эколист Зерновые или Фитовитал. Чистый доход в этом случае составил 3435,08–

3436,28 тыс. руб./га, а рентабельность – 52,8–53,0 %, что в 1,70–1,85 раза больше, чем при возделывании этой культуры при применении N_{80+20} без использования микроэлементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вильдфлуш, И.Р.* Рациональное применение удобрений / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2002. – 324 с.

2. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151–2008. – Введ. 17.11.2008. – Минск: Минсельхозпрод, Белорус. машиноиспытательная станция, 2008. – 15 с.

3. *Рак, М.В.* Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожайность люпина узколистного на дерново-подзолистой почве / М.В. Рак, Т.Г. Николаева // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 2. – С. 105–110.

EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZER AND MICROELEMENT USE IN SPRING TRITICALE CULTIVATION

T.M. Bulavina

Summary

The research results on the study of the effect of increasing doses of nitrogen and micronutrients Ekolist Mikro Z and Fitovital on grain yield and economic efficiency of spring triticale cultivation are presented in the article. It has been established that Ekolist Mikro Z and Fitovital provide almost the same effect which is very important from the point of view of import substitution.

Поступила 24.11.14

УДК 631. 83’4:631.445:633

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНЫХ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВ

Н.Н. Цыбулько[1], А.А. Зайцев[2], А.В. Шашко[2]

[1]Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, г. Минск, Беларусь

[2]Брестский филиал РНИУП «Институт радиологии», г. Пинск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

На территории Белорусского Полесья около 700 тыс. га занимают осушенные торфяные почвы. К настоящему времени накоплена обширная научная информация и практический опыт их использования. Наибольшая продолжительность

эксплуатации мелиорированных почв в условиях Беларуси составляет 100 лет, а на 300 тыс. га земледелие ведется уже более 70 лет [1].

Вследствие осушения, длительного и интенсивного сельскохозяйственного использования возникла проблема трансформации агроландшафтов с органогенными почвами. В структуре почвенного покрова мелиорированных земель появились новые разновидности торфяных почв с уменьшающимся содержанием органического вещества. В результате эти земли стали представлять собой сложные почвенные комбинации, различающиеся водно-воздушным режимом, содержанием органического вещества и другими свойствами [2]. На месте торфяных почв образовались антропогенно-преобразованные почвы, которые согласно классификации отнесены к дегроторфоземам разной степени минерализации [3].

В настоящее время площади антропогенно-преобразованных торфяных почв составляют около 200 тыс. га, ежегодно увеличиваются и по прогнозу в перспективе могут достигнуть 350 тыс. га и более [4]. По уровню содержания органического вещества, водно-физическим и агрохимическим свойствам эти почвы значительно отличаются как от торфяных, так и от минеральных почв [5].

За последние годы проведено ряд исследований, в которых изучались режимы минерального питания отдельных сельскохозяйственных культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвах [6–8]. Однако складывающаяся тенденция увеличения площадей деградированных торфяных почв требует более углубленного и масштабного исследования их плодородия, изучения способов и приемов применения удобрений на этих почвах для разработки рекомендаций по их эффективному использованию и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Цель работы – изучить эффективность разных доз и сроков внесения минеральных удобрений при возделывании многолетних бобово-злаковых трав на антропогенно-преобразованной торфяной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2012–2014 гг. в условиях стационарного полевого опыта на территории землепользования СПК «Новое Полесье» Лунинецкого района Брестской области. Объектом исследования являлась антропогенно-преобразованная торфяная почва, подстилаемая с глубины 40–45 см песком. Агрохимические показатели почвы (Ап): органическое вещество – 50–55 %; общий азот – 1,1–1,5 %; pH_{KCl} – 5,3–5,7; подвижные формы (0,2 М HCl) P_2O_5 – 700–790 и K_2O – 620–800 мг/кг почвы.

Возделывали бобово-злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую (6 кг/га), овсяницу луговую (6 кг/га), кострец безостый (6 кг/га) и лядвенец рогатый (5 кг/кг). Посев беспокровный. Технология возделывания культуры соответствовала принятому отраслевому регламенту. Схема опыта с применением разных доз минеральных удобрений под бобов-злаковые травы приведена в табл. 1.

Размещение делянок в опыте рендомизированное. Общая площадь делянки – 20 м^2, учетная площадь – 12 м^2. Повторность вариантов в опыте – 4-кратная.

Агрохимические показатели почв определяли по следующим методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [9]; $pH_{(KCl)}$ – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [10]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [11]; общий азот – по ГОСТ 26107–84 [12].

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [13] с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistic 7.0).

Таблица 1

Схема применения минеральных удобрений в опыте

Вариант опыта	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д.в.			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д.в.		
	N	P	K	N	P	K
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	–	90	120	–	–	–
3. $P_{90}K_{180}$	–	90	120	–	–	60
4. $P_{90}K_{240}$	–	90	180	–	–	60
5. $N_{30}P_{90}K_{180}$	30	90	120	–	–	60
6. $N_{60}P_{90}K_{180}$	30	90	120	30	–	60
7. $N_{90}P_{90}K_{180}$	60	90	120	30	–	60

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались. По степени увлажнения 2012 и 2014 годы характеризовались хорошим увлажнением с ГТК соответственно 1,46 и 1,43, а 2013 г. отличался избыточной увлажненностью с ГТК = 2,11.

Продуктивность многолетних бобово-злаковых трав и эффективность минеральных удобрений по годам исследований зависела от метеорологических условий вегетационных периодов, укосов и уровней применения удобрений.

В 2012 г. урожайность сена многолетних трав за два укоса составила в контрольном варианте 89,1 ц/га, в том числе первый укос 56,1 ц/га, второй укос – 33,0 ц/га (табл. 2).

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений на продуктивность многолетних трав

Вариант опыта	Урожайность сена, ц/га			Прибавка сена, ц/га	
	1-й укос	2-й укос	общая урожайность	к контролю	К $P_{90}K_{180}$
2012 г.					
1. Контроль	56,1	33,0	89,1	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	72,9	40,6	113,5	24,4	–
3. $P_{90}K_{180}$	78,1	45,0	123,1	34,0	–
4. $P_{90}K_{240}$	81,0	46,6	127,6	38,5	–
5. $N_{30}P_{90}K_{180}$	82,9	56,1	139,0	49,9	15,9
6. $N_{60}P_{90}K_{180}$	83,5	60,4	143,9	54,8	20,8
7. $N_{90}P_{90}K_{180}$	88,3	62,3	150,6	61,5	27,5
$НСР_{0,5}$	15,90	11,10	27,00	–	–

Окончание табл. 2

Вариант опыта	Урожайность сена, ц/га			Прибавка сена, ц/га	
	1-й укос	2-й укос	общая урожайность	к контролю	К $P_{90}K_{180}$
2013 г.					
1. Контроль	33,0	27,1	60,1	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	49,7	32,8	82,5	22,4	–
3. $P_{90}K_{180}$	64,0	44,2	108,2	48,1	–
4. $P_{90}K_{240}$	64,0	45,3	109,3	49,2	–
5. $N_{30}P_{90}K_{180}$	78,5	51,5	130,0	69,9	21,8
6. $N_{60}P_{90}K_{180}$	92,0	58,6	150,6	90,5	42,4
7. $N_{90}P_{90}K_{180}$	88,7	58,8	147,5	87,4	39,3
$НСР_{0,5}$	13,61	6,52	20,13	–	–
2014 г.					
1. Контроль	39,0	22,4	61,4	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	42,1	32,5	74,6	13,2	–
3. $P_{90}K_{180}$	60,5	33,8	94,3	32,9	–
4. $P_{90}K_{240}$	59,9	37,0	96,9	35,5	–
5. $N_{30}P_{90}K_{180}$	70,2	45,7	115,9	54,5	21,6
6. $N_{60}P_{90}K_{180}$	76,8	51,6	128,4	67,0	34,1
7. $N_{90}P_{90}K_{180}$	81,0	57,1	138,1	76,7	43,8
$НСР_{0,5}$	12,69	6,73	19,42	–	–

Внесение под первый укос $P_{90}K_{120}$ повысило общую продуктивность трав на 24,4 ц/га сена, однако прибавка была несущественной ($НСР_{05}$ = 27,00). Более высокие дозы калийных удобрений (варианты 3 и 4) обеспечили достоверное увеличение урожайности по отношению к контрольному варианту. Прибавка сена в варианте с $P_{90}K_{180}$ составила 34,0 ц/га, в варианте с $P_{90}K_{240}$ – 38,5 ц/га. Различия между вариантами с разными дозами калия были несущественными.

Азотные подкормки трав в дозах 30–90 кг/га обеспечили по отношению к фоновому варианту ($P_{90}K_{180}$) увеличение урожайности, однако достоверная прибавка сена (27,5 ц/га) получена только в варианте 7 с дробным применением N_{90} (N_{60} под первый укос и N_{30} под второй укос).

В 2013 г., который отличался избыточной увлажненностью вегетационного периода, общая (первый и второй укосы) продуктивность трав на контроле составила 60,1 ц/га, в том числе первый укос – 33,0 ц/га, второй укос – 27,1 ц/га.

Фосфорные и калийные удобрения в дозах $P_{90}K_{120}$ обеспечили существенную прибавку сена – 22,4 ц/га ($НСР_{05}$ = 20,13). Дополнительная калийная подкормка трав под второй укос дозой 60 кг/га (K_{120} под первый укос и K_{60} под второй укос) достоверно повысила урожайность по отношению, как контрольному варианту (прибавка 48,1 ц/га), так и к варианту 2 с $P_{90}K_{120}$ (прибавка 25,7 ц/га). Внесение K_{240} (K_{180} под первый укос и К60 под второй укос) не способствовало дальнейшему повышению продуктивности.

Азотные подкормки трав дозами N_{30} под первый укос (вариант 5) и N_{30} под первый укос + N_{30} под второй укос (вариант 6) обеспечили прибавки сена к фоновому варианту ($P_{90}K_{180}$) соответственно 21,8 и 42,4 ц/га. Более высокая доза азотных удобрений (N_{60} под первый укос и N_{30} под второй укос) не дала достоверной прибавки урожайности по отношению к варианту с $N_{60}P_{90}K_{180}$.

В 2014 г. действие минеральных удобрений также отличалось своей спецификой. При урожайности сена за два укоса в контрольном варианте 61,4 ц/га, внесение фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{90}K_{120}$ и $P_{90}K_{180}$ обеспечили прибавки соответственно 13,2 и 32,9 ц/га ($НСР_{05}$ = 19,42), т.е. варианты с разными дозами калия также имели между собой существенные различия.

В то же время применение K_{240} (K_{180} под первый укос + K_{60} под второй укос), как и в предыдущем 2013 г., не способствовало дальнейшему достоверному повышению урожайности трав.

За счет азотных удобрений формировалось дополнительно от 21,6 (вариант 5) до 43,8 (вариант 7) ц/га сена по отношению фосфорно-калийному фону.

В среднем за 3 года исследований продуктивность многолетних трав составила на контрольном варианте 70,2 ц/га сена, или 35,8 ц/га к. ед. В результате применения фосфорных и калийных удобрений продуктивность возросла до 46,0–56,7 ц/га к. ед. При внесении $P_{90}K_{120}$ в среднем за 3 года получена прибавка 10,2 ц/га к. ед., однако она была несущественной ($НСР_{05}$ = 11,31). При увеличении дозы калия до 180 кг/га (вариант 3) прибавка урожайности возросла до 19,6 ц/га. Повышение дозы удобрения до 240 кг/га (вариант 4) не способствовало дальнейшему достоверному росту урожайности (табл. 3).

Таблица 3

Эффективность минеральных удобрений при возделывании многолетних трав за 3 годы исследований (2012–2014 гг.)

Вариант опыта	Средняя урожайность за 3 года, ц/га		Прибавка, ц/га к.ед.		Окупаемость удобрений, к. ед.		
	сена	к. ед.	к контролю	к $P_{90}K_{180}$	PK	N	NPK
1. Контроль	70,2	35,8	–	–	–	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	90,2	46,0	10,2	–	4,9	–	–
3. $P_{90}K_{180}$	108,6	55,4	19,6	–	7,3	–	–
4. $P_{90}K_{240}$	111,2	56,7	20,9	–	6,3	–	–
5. $N_{30}P_{90}K_{180}$	128,2	65,4	29,6	10,0	–	33,3	9,9
6. $N_{60}P_{90}K_{180}$	141,0	71,9	36,1	16,5	–	27,5	10,9
7. $N_{90}P_{90}K_{180}$	145,5	74,2	38,4	18,8	–	20,9	10,7
$НСР_{0,5}$	22,18	11,31	–	–	–	–	–

Внесение азотных удобрений в дозе N_{30} на фоне $P_{90}K_{180}$ обеспечило дополнительно 10,0 ц/га кормовых единиц, а при увеличении доз до 60 и 90 кг/га прибавки возросли соответственно до 16,5 и 18,8 ц/га.

В среднем за 3 года исследований наиболее высокая урожайность многолетних трав, составившая 145,5 ц/га сена, или 74,2 ц/га к. ед., сформирована в варианте 7 с применением $N_{90}P_{90}K_{180}$.

Одним из критериев оценки агрохимической эффективности удобрений является показатель окупаемости их прибавками урожая. В наших исследованиях эффективность удобрений зависела от доз их применения. Наиболее высокая окупаемость фосфорных и калийных удобрений получена в варианте с внесением $P_{90}K_{180}$, которая составила 7,3 к. ед. При увеличении дозы калия до 240 кг/га показатель окупаемости снизился до 6,3 к. ед.

Окупаемость азотных удобрений была значительно (в 2,8–4,5 раза) выше по сравнению с фосфорными и калийными удобрениями. Внесение под многолетние травы 30 кг/га действующего вещества азотных удобрений окупалось 33,3 кормовыми единицами. Однако при увеличении доз азотных удобрений до 60 и 90 кг/га окупаемость азота снизилась до 27,5 и 20,9 к. ед. соответственно.

Наиболее высокая окупаемость полного минерального удобрения, которая составила 10,9 к. ед., получена в варианте 6 с дробным применением N_{60} (N_{30} под первый укос + N_{30} под второй укос) на фоне $P_{90}K_{180}$.

Долевое участие почвенного плодородия и удобрений в продукционном процессе многолетних трав изменялось в зависимости от уровней применения минеральных удобрений. В варианте с внесением $P_{90}K_{120}$ за счет почвенного плодородия сформировано 78 % урожая, за счет удобрений – 22 %. С увеличением доз калийных удобрений до 180 и 240 кг/га доля удобрений возросла соответственно до 35 и 37% (рис.).

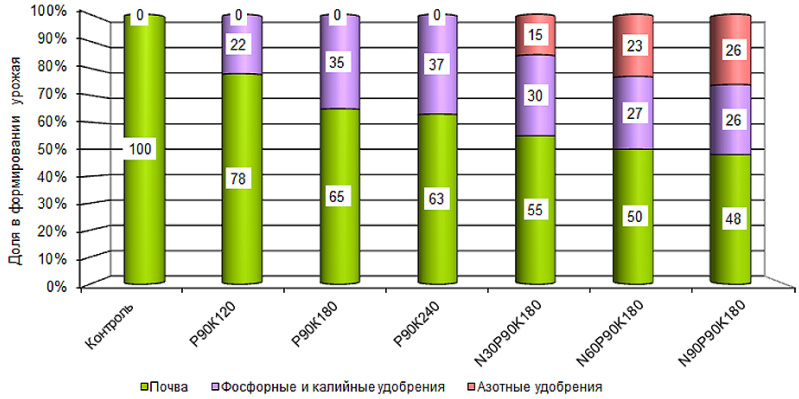


Рис. Доля участия почвенного плодородия и минеральных удобрений в продукционном процессе многолетних трав

При внесении на фоне $P_{90}K_{180}$ азота в дозах 30, 60 и 90 кг/га действующего вещества удельный вес минеральных удобрений в формировании урожая многолетних трав возрос с 45 до 52 %. За счет азотных удобрений формировалось от 15 (при дозе N_{30}) до 26 % (при дозе N_{90}) биомассы трав.

ВЫВОДЫ

1. На антропогенно-преобразованной торфяной почве при содержании в ней подвижных соединений фосфора 700–790 и калия 620–800 мг/кг почвы оптимальными дозами фосфорных и калийных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы являются $P_{90}K_{180}$. Увеличение дозы калия до 240 кг/га не существенно увеличивает урожайность, однако приводит к снижению окупаемости удобрений прибавкой урожая.

2. При содержании в почве органического вещества на уровне 50–55 % и минерального азота 145–155 мг/кг почвы наиболее эффективной дозой азотных удобрений является N_{60}, обеспечивая на фоне $P_{90}K_{180}$ урожайность 141,0 ц/га сена, или 71,9 к. ед., окупаемость азота 27,5 и полного (NPK) минерального удобре-

ния 10,9 к. ед. При увеличении дозы азота до 90 кг/га эффективность удобрений снижается.

3. Рекомендуется на антропогенно-преобразованных торфяных почвах под многолетние бобово-злаковые травы следующая система удобрения: дробное применение азота в дозе 60 кг/га (по 30 кг/га под первый и второй укосы) и калия в дозе 180 кг/га (120 кг/га под первый укос и 60 кг/га под второй укос), применение фосфора в дозе 90 кг/га под первый укос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мееровский, А.С.* Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А.С. Мееровский, В.П. Трибис // Новости науки и технологий. – 2012. – №4 (23). – С. 3–9.

2. *Мееровский, А.С.* Система земледелия на мелиорированных антропогенно-преобразованных почвах / А.С. Мееровский, Д.Б. Даутина, А.В. Семенченко // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – № 2(52). – С.171–184.

3. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 64 с.

4. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.

5. *Цытрон, Г.С.* Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г.С. Цытрон. – Минск, 2004. – 124 с.

6. Адаптивная система применения минеральных удобрений под яровое тритикале на деградированных торфяных почвах: метод. рекомендации; под ред. Н.Н. Семененко. – Минск, 2006. – 20 с.

7. Продуктивность антропогенно-преобразованных сильноминерализованных торфяных почв и их плодородие / Л.Н. Лученок [и др.] // Мелиорация. – 2010. – № 1(63). – С. 147–157.

8. *Семененко, Н.Н.* Экономическая эффективность комплексного применения средств интенсификации возделывания озимого тритикале на антропогенно-преобразованных торфяных почвах / Н.Н. Семененко, И.И. Вага // Мелиорация. – 2010. – № 2(64). – С. 123–128.

9. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212–91. Введ. 1993.07.01. – Минск: Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.

10. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. Введ. 07.01.86. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.

11. 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.

12. Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107–84. Введ. 07.01.85. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.

13. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

EFFICIENCY OF NITROGEN AND POTASH FERTILIZERS IN ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED PEAT SOILS IN CULTIVATION PERENNIAL LEGUME-CEREAL GRASSES

N.N. Tsybulko, A.A. Zaitsev, A.V. Shashko

Summary

On the anthropogenically transformed peat soil when the content in it moving phosphorus 700–790 and potassium 620–800 mg/kg of soil optimal doses of phosphate and potash fertilizers for perennial legume–cereal grasses are P90K180. Increasing the dose of potassium to 240 kg/ha is not significantly increases productivity, but reduces the return on fertilizer yield increase.

When the content of soil organic matter at the level of 50–55 % and mineral nitrogen 145–155 mg/kg of soil the most effective dose of nitrogen fertilizer is N60, providing on background P90K180 hay yield of 141.0 t/ha or 71.9 feed units, payback nitrogen and 27.5 und total (NPK) mineral fertilizer 10.9 fodder units. With increasing doses of nitrogen to 90 kg/ha of fertilizer efficiency decreases.

Поступила 17.11.14

УДК 631.8.022.3:633.854.78:631.445

ВЛИЯНИЕ СТАНДАРТНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ЗЕЛЕНОЙ МАССЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ И СВЯЗНОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВАХ

Г.В. Пироговская[1], С.С. Хмелевский[1], Г.М. Сафроновская[1]
В.И. Сороко[1], А.И. Исаева[1], Т.В. Гарбузова[1], А.А. Малицкая[1]
В.В. Бобовкина[2], Л.П. Шиманский[2]

[1]Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь
[2]Полесский институт растениеводства, г. Мозырь, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Подсолнечник требователен к теплу, свету, влаге, плодородию почвы и предшественнику. Для нормального роста и развития культуры требуется определенное количество и соотношение основных элементов питания, которое зависит от уровня планируемой урожайности, содержания элементов питания в почве и предшественника. Около 50 % прироста урожайности сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси обеспечивают минеральные удобрения.

Известно, что подсолнечник отзывчив на внесение органических удобрений как в прямом действии, так и в последействии. Относительно использования минеральных удобрений подсолнечником существуют разные мнения. Одни исследователи считают, что наибольшее увеличение урожайности подсолнечника

обеспечивают азотно-фосфорные удобрения, внесение калийных удобрений не повышает урожай даже в сочетании с азотно-фосфорными [1].

На дерново-подзолистых, и главным образом, почвах легкого гранулометрического состава, а также торфяных, подсолнечник испытывает недостаток в калии и требует внесения повышенных доз калийных удобрений. На почвах с высоким содержанием калия культура может удовлетворять свои потребности в калии за счет его значительных запасов в этих почвах. Недостаток калийного питания задерживает рост стебля, вызывает преждевременное отмирание листьев нижнего и среднего ярусов. Критическим периодом поступления азота в растения является время от начала образования корзинки до конца цветения; фосфора – в фазе от появления всходов и до образования корзинки; калия – в период от появления корзинки до восковой спелости [2, 3].

Известно, что при возделывании подсолнечника в годы с различными погодными условиями, эффективность удобрений во многом зависит от комплексного применения всех агротехнических приемов на каждой конкретной почве с учетом содержания в ней подвижных соединений фосфора и калия [4–5].

В условиях республики актуальным направлением является усовершенствование технологии возделывания подсолнечника на основе изучения особенностей питания и сравнительной агрономической и экономической эффективности различных форм удобрений на основных почвенных разновидностях.

При разработке или усовершенствовании системы удобрения подсолнечника следует предусмотреть, чтобы отдача от применяемых новых агротехнических средств была направлена на сохранение и рациональное использование почвенной влаги и минеральных ресурсов, повышение плодородия почвы, увеличение урожайности культуры.

Эта задача особенно актуальна в условиях изменения климата в Республике Беларусь, в сторону потепления и появления засушливых периодов, что позволяет более широко возделывать подсолнечник на зеленый корм и маслосемена, за счет чего снизятся закупки семян и масла за рубежом и затраты валюты на их приобретение.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке и применению специальных видов комплексных минеральных удобрений с модифицирующими добавками (микроэлементами, в том числе и в хелатной форме, регуляторами роста растений, средствами защиты растений и т. д.) для различных сельскохозяйственных культур. При этом сравнительно мало данных в области разработки составов минеральных удобрений для подсолнечника.

Для условий Беларуси актуальным направлением является установление оптимальных доз внесения минеральных удобрений в интенсивных технологиях возделывания подсолнечника на дерново-подзолистых почвах, а также разработка новых форм комплексных удобрений с микроэлементами для основного внесения в почву, поскольку ранее такие разработки не проводились, что и определило цель наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2012–2014 гг. в полевых стационарных опытах при возделывании подсолнечника Степок на дерново-подзолистых легкосуглинистой (ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области) и на дерново-подзолистой связносупесчаной,

сменяемой с глубины около 30 см рыхлой супесью, а с 1 м моренным суглинком, почве (п. Криничный Мозырского района Гомельской области) проведено изучение сравнительной эффективности стандартных и новых форм комплексных минеральных удобрений с микроэлементами (бором, магнием, медью и марганцем).

Агрохимическая характеристика пахотных горизонтов опытных полей перед закладкой опытов с подсолнечником следующая:

- дерново-подзолистая легкосуглинистая почва – содержание гумуса – 1,93–1,95 % (среднее по полям), $N–NO_3$ – 10,2–10,9 мг/кг почвы, pH – 5,83–6,02, содержание подвижных форм P_2O_5 _ 472–592 и K_2O – 315–351 мг/кг почвы, обменных форм Ca – 1105–1374 и Mg – 92–135 мг/кг почвы, обеспеченность почвы подвижными соединениями микроэлементов средняя по содержанию бора (0,58 мг/кг почвы), подвижной меди (1,0 М HCl) – 2,8 и подвижного цинка – 3,3 мг/кг почвы, низкая – по обеспеченности подвижным марганцем (1,0 М KCl) – 1,6 мг/кг почвы;
- дерново-подзолистая связносупесчаная почва – содержание гумуса – 1,87–2,65 %, $N–NO_3$ – 10,5–11,3 мг/кг почвы, pH – 5,97–6,16, содержание подвижных форм P_2O_5 – 206–321 и K_2O – 218–352 мг/кг почвы, Ca – 834–914 и Mg – 133–165 мг/кг почвы, обеспеченность почвы по бору (0,34 мг/кг почвы), меди (2,02 мг/кг почвы) и цинку (3,87 мг/кг почвы) – средняя, по марганцу (1,9 мг/кг почвы) – низкая.

Комплексные удобрения, которые испытывались в полевых опытах при основном внесении в почву содержали основные элементы питания (N – в пределах от 10 до 16 %, P_2O_5 – 9–18 %, K_2O – 18–25 %) и модифицирующие добавки (B_1 – 0,15 %, B_2 – 0,25 %, B_3 – 0,35 %, B– 0,15 %, M– 1,5 %, B – 0,15 %, Cu – 0,21 %; B – 0,15 %, Mn – 0,15 %, B – 0,10 %, Mg – 0,9 %, Cu –0,09 %, Mn – 0,09 %.

В качестве базовых вариантов для сравнительной оценки эффективности новых форм минеральных удобрений для основного внесения в почву являлись смеси стандартных удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) или комплексные удобрения без модифицирующих добавок (марка NPK = 16–11–24).

Анализ образцов почвы проведен по следующим методикам: pH – в KCl (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову, в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91); обменные катионы (Ca++, Mg++) – по ГОСТ 26487–85; содержание гумуса – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); определение подвижных форм микроэлементов в почве – по ОСТ 10144–88.

В растительных образцах определяли азот, фосфор, калий, кальций и магний после мокрого озоления по общепринятым методикам: азот – по ГОСТ 13496.4–93 п. 2; фосфор – спектрофотометрически; калий – на пламенном фотометре; кальций и магний – на атомно-адсорбционном спектрофотометре по ГОСТ 26570–95.

Учет урожайности зеленой массы подсолнечника и ее структурных (листья, стебли, корзинки) и качественных показателей проведен в фазе начала цветения.

Аналитическая обработка экспериментальных данных, полученных в опытах, выполнялась по общепринятым методикам.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа

на ПЭВМ, наименьшая существенная разность рассчитывалась с помощью компьютерной программы по годам и блокам.

Температура воздуха приведена по данным наблюдений Гидрометеоцентра (г. Минск и г. Мозырь), осадки – по лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях 2012–2014 гг. в период вегетации подсолнечника погодные условия Минской и Гомельской областей значительно различались по годам:

- *в ОАО «Гастелловское» Минского района* сумма атмосферных осадков за апрель – август в условиях 2012 г. составила 321,7 мм, среднемесячная температура воздуха – 15,4 °С, сумма температур выше 5–10 °С – 2360,3 °С, ГТК = 1,36; соответственно в 2013 г. – 327,4 мм, 15,9 °С, 2432,8 °С и ГТК = 1,34; 2014 г. – 450,7 мм, 16,2 °С, 2481,1 °С, ГТК = 1,82; при среднемноголетнем за этот период – 360 мм осадков, среднемесячной температуре воздуха – 13,6 °С, сумме температур – 2092,7 °С, ГТК = 1,72;
- *в п. Криничный, Мозырского района* – в 2012 г. атмосферные осадки составили 489,0 мм, среднемесячная температура воздуха – 17,0 °С, сумма температур выше 5–10 °С – 2601,4 °С, ГТК = 1,88; в 2013 г. – 215,9 мм, 17,3 °С, 2648,9 °С, ГТК = 0,82; 2014 г. – 355,2 мм, 17,4 °С, 2661,7 °С, ГТК = 1,33; при среднемноголетнем за этот период – 350 мм осадков, среднемесячной температуре воздуха – 14,8 °С, сумме температур – 2266,9 °С, ГТК =1,54. В целом вегетационный период возделывания подсолнечника в ОАО «Гастелловское» в 2012 и 2013 гг. характеризуется как оптимальный, 2014 г. – влажный; в п. Криничный – 2012 г. – влажный, 2013 г. – засушливый и в 2014 г. – оптимальный.

Изучение сравнительной эффективности различных доз и форм минеральных удобрений при возделывании подсолнечника на зеленую массу в центральной части республики (Минский район) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и в юго-восточной части (Мозырский район) на связносупесчаной почве показало, что в обоих местах произрастания подсолнечник приблизительно одинаково реагирует на минеральные удобрения. Так, урожайность зеленой массы подсолнечника на легкосуглинистой почве в среднем за 3 года по опыту составила 552 ц/га, а на связносупесчаной почве была несколько ниже (540 ц/га). Уровень прибавок зеленой массы (8 % влажности) по вариантам опыта от различных доз стандартных форм минеральных удобрений на легкосуглинистой почве был в пределах (вар. 2–10) от 76 до 190 ц/га, или 18–45 %, на связносупесчаной почве – от 54 до 181 ц/га, или 13–43 %; от азотных удобрений (N_{45}, N_{60}, N_{90} и N_{60+30} на фоне $P_{60}K_{90}$ – вар. 3–6) – 45–114 ц/га, или 11–27 %, по сравнению с фоном ($N_{16}P_{60}K_{90}$), или 29–45 % по отношению к контролю (табл. 1).

При этом лучшими дозами для формирования максимальной урожайности зеленой массы подсолнечника оказались $N_{60}P_{60}K_{90}$ – 609 ц/га и $N_{60}P_{80}K_{160}$ – 599 ц/га, с прибавкой к контролю на уровне 190 и 180 ц/га или 43–45 %. Увеличение урожайности за счет внесения фосфорного и калийного удобрения в дозе $N_{16}P_{60}K_{90}$ кг/га д.в. (вар. 2) составило 76 ц/га, или 18 % по сравнению с контролем.

Таблица 1

Влияние стандартных форм минеральных удобрений на структуру и урожайность зеленой массы подсолнечника (80% влажности) на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант	Структура урожая зеленой массы												Урожайность зеленой массы, ц/га	
	Листья, ц/га			%	Стебли, ц/га			%	Корзинки, ц/га			%		
	2012 г.	2013 г.	2014 г.		2012 г.	2013 г.	2014 г.		2012 г.	2013 г.	2014 г.		средняя	прибавка
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва														
1. Контроль	74	75	115	21,0	177	144	203	41,7	184	174	111	37,3	419	–
2.$N_{16}P_{60}K_{90}$	71	80	111	17,6	188	153	215	37,4	356	185	127	44,9	495	76
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	119	90	119	20,2	209	142	229	35,8	380	187	147	44,0	540	121
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	112	138	150	21,9	202	216	227	35,3	375	269	140	42,9	609	190
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	112	110	136	20,4	252	158	246	37,4	461	171	107	42,2	584	165
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	122	90	160	22,0	277	131	206	36,5	424	159	116	41,5	562	143
7. $N_{60}P_{40}K_{90}$	101	123	142	20,5	224	192	208	34,9	405	238	152	44,5	595	176
8. $N_{60}P_{80}K_{90}$	94	143	148	22,4	192	185	240	35,9	369	190	156	41,7	572	153
9. $N_{60}P_{80}K_{160}$	84	132	168	21,4	226	172	234	35,2	394	251	136	43,4	599	180
10. $N_{60}P_{80}K_{200}$	92	102	194	23,6	221	136	221	35,1	354	164	162	41,3	548	129
Среднее по опыту	98	108	144	21	217	163	223	37	370	199	135	42	552	148
$НСР_{05}$	6,4	10,6	17,9	–	23,0	22,0	29,9	–	27,0	28,2	18,5	–	52,3	
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва														
1. Контроль	81	93,7	74	19,9	166	144	150	36,7	251	159	132	43,4	417	–
2.$N_{16}P_{60}K_{90}$	76	75,7	83	16,6	186	148	151	34,4	294	187	212	49,0	471	54
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	79	83,7	111	17,6	206	177	170	35,5	295	201	232	46,9	518	101
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	82	93	111	17,4	220	161	179	34,2	321	236	234	48,4	546	129
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	75	95,7	126	17,5	222	167	208	35,2	290	240	273	47,3	566	149
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	79	106	113	17,2	237	184	184	35,2	317	230	271	47,6	574	157
7. $N_{60}P_{40}K_{90}$	80	101,7	85	16,1	252	191	171	37,0	311	247	222	46,9	554	137
8. $N_{60}P_{80}K_{90}$	88	104,3	101	16,4	252	177	176	33,8	396	252	250	50,0	598	181
9. $N_{60}P_{80}K_{160}$	91	95	99	16,2	260	195	172	35,6	351	248	252	48,4	587	170
10. $N_{60}P_{80}K_{200}$	87	118,7	108	18,5	221	203	181	35,6	308	236	241	46,1	568	151
Среднее по опыту	81,8	96,75	101,1	17,3	222,2	174,7	174,2	35,3	313,4	223,6	231,9	47,5	540	123
$НСР_{05}$	4,7	14,5	8,4	–	19,0	7,3	16,2	–	25,0	17,4	19,7	–	43,7	

На *дерново-подзолистой связносупесчаной почве* прибавка зеленой массы подсолнечника от различных доз минеральных удобрений (вар.2–10) находилась в пределах от 54 до 181 ц/га, или 13–43 % по сравнению с контролем, от азотных удобрений – 47–103 ц/га, или 10–22 % по сравнению с фоном. Лучшими дозами для формирования максимальной урожайности зеленой массы на этой почве оказались $N_{60}P_{80}K_{90}$ (сумма 230 кг/га д.в.) – 598 ц/га, $N_{60}P_{80}K_{160}$ (сумма 300 кг/га д.в.) – 587 и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (сумма 240 кг/га д.в.) – 574 ц/га. Увеличение урожайности за счет внесения фосфорных и калийных удобрений в дозе $N_{16}P_{60}K_{90}$ кг/га д.в. составило 54 ц/га или 13 %, за счет азотного удобрения – 11–25 %. В структуре урожая зеленой массы подсолнечника на момент уборки на легкосуглинистой и связносупесчаной почвах доля листьев составила 16,6–23,6 %, стеблей – 33,8–41,7 %, корзинок – 37,3–50,0 %.

Урожайность сухого вещества подсолнечника при уборке на зеленую массу на *дерново-подзолистой легкосуглинистой почве* в зависимости от вариантов опыта в среднем за три года исследований находилась в пределах от 83,9 – 121,9, с прибавкой сухого вещества на уровне 15,2–38,0 ц/га по отношению к контролю, от азотных удобрений – 9,0–22,8 ц/га по отношению к фону $N_{16}P_{60}K_{90}$; на *дерново-подзолистой связносупесчаной почве* эти показатели были следующие: урожайность сухого вещества в пределах от 83,4 до 94,1–119,7, с прибавкой сухого вещества – 10,7–36,3 ц/га по отношению к контролю и от азотных удобрений – 9,6–20,6 ц/га по отношению к фону $N_{16}P_{60}K_{90}$. Окупаемость 1 кг NPK на первой почве была самой высокой (18,4 кг сухой массы 1 кг NPK) при дозе внесения $N_{60}P_{40}K_{90}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}$ – 18,1 на 1 кг NPK; на второй почве – $N_{60}P_{80}K_{90}$ – 15,8 кг сухой массы 1 кг NPK и $N_{60}P_{40}K_{90}$ – 14,4 на 1 кг NPK (табл. 2).

В полевых опытах при уборке подсолнечника на зеленую массу определялись также некоторые показатели структуры урожая зеленой массы, которые в среднем по вариантам (вар. 1–10) за 2012–2014 гг. были следующие: на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве – высота растений – 130,0 см, диаметр корзинки – 19,1 см, количество листьев на одном растении – 18,3 шт.; на дерново-подзолистой связносупесчаной почве – 136,6 см, 19,0 см и 24,6 шт./растение соответственно.

Таблица 2

Влияние стандартных форм минеральных удобрений на урожайность сухого вещества при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант	Урожайность сухого вещества, ц/га						Окупаемость 1 кг NPK, кг сухой массы
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	прибавка		
					контролю	от азота	
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва							
1. Контроль (без удобрений)	87,2	78,8	85,8	83,9	–	–	–
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	123,0	83,6	90,6	99,1	15,2	–	9,2
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	141,4	83,6	99,2	108,1	24,2	9,0	12,4
4. $N60P_{60}K_{90}$	137,8	124,6	103,4	121,9	38,0	22,8	18,1
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	164,8	88,0	97,8	116,9	33,0	17,8	13,8
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	164,6	76,2	96,4	112,4	28,5	13,3	11,9

Окончание табл. 2

Вариант	Урожайность сухого вещества, ц/га						Окупаемость 1 кг NPK, кг сухой массы
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	прибавка		
					контролю	от азота	
7. $N_{60}P_{40}K_{90}$	146,0	110,4	100,4	118,9	35,0	–	18,4
8. $N_{60}P_{80}K_{90}$	131,0	103,6	108,8	114,5	30,6	–	13,3
9. $N_{60}P_{80}K_{160}$	140,6	111,0	107,6	119,7	35,8	–	11,9
10. $N_{60}P_{80}K_{200}$	133,2	80,4	115,2	109,6	25,7	–	7,6
$НСР_{05}$	10,1	5,4	8,3	8,2	–	–	–
Среднее по опыту	137,0	94,0	100,5	110,5	–	–	–
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва							
1. Контроль (без удобрений)	99,6	79,4	72,1	83,4	–	–	–
2.$N_{16}P_{60}K_{90}$	111,2	82,2	89,0	94,1	10,4	–	6,5
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	116,0	92,4	102,6	103,7	20,3	9,6	10,4
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	124,6	98,0	104,8	109,1	25,7	15,0	12,3
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	117,4	100,6	121,4	113,1	29,7	19,0	12,4
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	126,6	104,0	113,6	114,7	31,3	20,6	13,1
7. $N_{60}P_{40}K_{90}$	128,6	108,0	95,6	110,7	27,3	–	14,4
8. $N_{60}P_{80}K_{90}$	147,2	106,6	105,2	119,7	36,3	–	15,8
9. $N_{60}P_{80}K_{160}$	140,4	107,6	104,4	117,5	34,1	–	11,4
10. $N_{60}P_{80}K_{200}$	123,2	111,4	106,0	113,5	30,1	–	8,9
$НСР_{05}$	6,8	5,1	5,9	6,0	–	–	–
В среднем по опыту	123,5	99,0	101,4	108,0	–	–	–

В полевых опытах с подсолнечником в условиях 2012–2014 гг. изучалась также эффективность новых форм комплексных удобрений с добавками B, Mg, Cu, Mn (в парных сочетаниях и в комплексе) на урожайность зеленой массы, сухого вещества и структуру урожая зеленой массы.

Урожайность зеленой массы подсолнечника (80 % влажности) с комплексным удобрением без добавок, марки 16–11–24 (базовый вариант) на легкосуглинистой почве в среднем за 3 года по опыту составила 514 ц/га, а на связносупесчаной почве – 561 ц/га. Применение в технологии возделывания подсолнечника новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в дозе $N_{60}P_{40}K_{90}$ обеспечивало повышение урожайности зеленой массы на легкосуглинистой почве на 58–129 ц/га, или 11–21 % по сравнению с аналогичным комплексным удобрением без добавок. Наиболее эффективными комплексными удобрениями оказались NPK с B (0,25 %) с прибавкой 129 ц/га, NPK с B и Mn – 110 ц/га. При использовании комплексного удобрения с полным набором модифицирующих добавок (B, Mg, Cu, Mn) прибавка зеленой массы снизилась до 87 ц/га, но была достоверной. Соответственно на связносупесчаной почве прибавка урожайности зеленой массы от новых форм комплексных удобрений была от 30 до 63 ц/га, или 5–11 %. Лучше на этой почве сработали следующие удобрения: NPK с B (0,35 %) с прибавкой 63 ц/га, далее NPK с B, Mg (58 ц/га) и NPK с B, Mn (52 ц/га) (табл. 3).

Таблица 3

Влияние новых форм комплексных удобрений на структуру и урожайность зеленой массы подсолнечника (80 % влажности) на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант	Структура урожая зеленой массы												Урожайность зеленой массы, ц/га	
	Листья, ц/га			%	Стебли, ц/га			%	Корзинки, ц/га			%		
	2012 г.	2013 г.	2014 г.		2012 г.	2013 г.	2014 г.		2012 г.	2013 г.	2014 г.		средняя	прибавка
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва														
11. $N_{60}P40K_{90}$ – базовый вариант	83	117	123	21,0	232	155	165	35,8	344	196	126	43,2	514	–
12. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_1	103	125	144	20,5	229	189	187	33,4	395	300	141	46,1	605	91
13. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_2	106	120	124	18,1	268	189	224	35,3	411	275	213	46,6	643	129
14. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_3	125	134	113	20,5	228	163	240	34,8	394	239	178	44,7	605	91
15. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mg	132	114	105	19,6	244	182	232	36,6	386	220	180	43,8	598	84
16. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Cu	110	99	129	19,7	237	191	249	39,5	330	203	169	40,8	572	58
17.$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mn	129	107	135	19,9	254	169	269	36,9	443	220	146	43,2	624	110
18. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с Mg, B, Cu, Mn	122	116	153	21,7	205	185	166	30,8	471	204	180	47,5	601	87
Среднее по опыту	114	117	128	20	237	178	217	35	397	232	167	44	595	93
$НСР_{05}$	6,4	10,6	17,9	–	23,0	22,0	29,9	–	27,0	28,2	18,5	–	52,3	–
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва														
11. $N_{60}P_{40}K_{90}$ – базовый вариант	109	100	99	18,4	286	183	182	38,7	272	237	215	43,0	561	–
12. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_1	90	104	102	17,6	265	185	167	36,7	321	216	235	45,8	561	0
13. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_2	100	106	103	17,1	260	202	180	35,5	378	247	231	47,3	602	41
14. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_3	109	110	108	17,5	285	192	192	35,7	397	236	244	46,8	624	63
15. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mg	119	106	100	17,4	269	194	172	34,2	396	260	240	48,3	619	58
16. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Cu	87	125	107	17,9	298	186	188	37,9	290	249	244	44,2	591	30
17.$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mn	91	108	97	16,2	274	204	185	36,1	393	253	233	47,8	613	52
18. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с Mg, B, Cu, Mn	105	128	104	19,0	257	199	186	36,2	307	252	235	44,8	591	30
Среднее по опыту	101,3	110,9	102,5	17,6	274,3	193,1	181,5	36,4	344,3	243,8	234,6	46,0	–	–
$НСР_{05}$	4,7	14,5	8,4	–	19,0	7,3	16,2	–	25,0	17,4	19,7	–	43,7	–

Урожайность сухого вещества на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от форм комплексных удобрений (вар. 11–18) находилась в пределах от 102,8 до 128,6 ц/га, на связносупесчаной – от 112,2 до 124,9 ц/га Прибавки сухого вещества от новых форм комплексных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве составили 11,7–25,8 ц/га, на связносупесчаной – от 5,8 до 12,6 ц/га по сравнению с базовым вариантом. Применение новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками позволяло повысить окупаемость 1 кг NPK на первой почве на 6,1–13,6 кг сухой массы, на второй – на 3,1–6,6 кг сухой массы (табл. 4).

Структура урожая зеленой массы подсолнечника в зависимости от форм комплексных удобрений изменялась в следующих пределах: на легкосуглинистой почве высота растений была в пределах от 131 до 135 см, количество листьев на растении – 15,8–19,4 шт., диаметр корзинки 18,7–20,3 см; на связносупесчаной – 139–143 см, 25–26 шт./растении и 18–20 см соответственно. При этом следует отметить, что ни на одной почве существенных различий в указанных показателях между вариантами не прослеживалось.

Таблица 4

Влияние новых форм комплексных удобрений на урожайность сухого вещества при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант	Урожайность сухого вещества, ц/га					Окупаемость 1 кг NPK, кг сухой массы
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	прибавка к базовому варианту	
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва						
11. $N_{60}P_{40}K_{90}$ – базовый вариант	131,8	93,8	82,8	102,8	–	–
12. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_1	145,4	122,8	94,4	120,9	18,1	9,5
13. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_2	157,0	116,6	112,2	128,6	25,8	13,6
14. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_3	149,4	107,2	106,2	120,9	18,1	9,5
15. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mg	152,6	103,2	103,4	119,7	16,9	8,9
16. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Cu	135,4	98,6	109,4	114,5	11,7	6,1
17.$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mn	165,4	99,2	110,0	124,9	22,1	11,6
18. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с Mg, B, Cu, Mn	159,6	101,0	99,8	120,1	17,3	9,1
$НСР_{05}$	10,1	5,4	8,3	8,2	–	–
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва						
11. $N_{60}P_{40}K_{90}$ – базовый вариант	133,4	104,0	99,2	112,2	–	–
12. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_1	135,2	101,0	100,6	112,3	0,1	–
13. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_2	147,6	111,0	102,8	120,5	8,2	4,3
14. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_3	158,2	107,6	108,8	124,9	12,6	6,6
15. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mg	156,8	112,0	102,4	123,7	11,4	6,0
16. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Cu	135,0	112,0	107,6	118,2	5,9	3,1
17.$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mn	151,6	113,0	103,0	122,5	10,2	5,4
18. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с Mg, B, Cu, Mn	133,8	115,8	104,8	118,1	5,8	3,1
$НСР_{05}$	6,8	5,1	5,9	6,0	–	–

Таблица 5

Агроэкономическая эффективность применения стандартных и комплексных минеральных удобрений при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах, 2012–2014 гг.

Вариант (согласно схемы опыта)	Доза NPK, кг/га д.в.	Оплата 1 кг NPK кг з/м	Прибавка, ц/га к. ед.	Затраты, USD/га			Стоимость прибавки, USD/га	Прибыль, USD/га	Рентабельность, %
				NPK	Внесение	Уборка			
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва									
$N_{60}P_{60}K_{90}$	210	125,2	22,8	148,8	13,7	57,0	200,6	–18,8	–8,6
$N_{60}P_{80}K_{160}$	300	94,0	21,6	196,3	19,5	54,0	190,1	–79,7	–29,5
Комплексные формы удобрений									
$N_{60}P_{40}K_{90}$ – базовый вариант	190	50	11,4	127,5	8,6	28,5	100,3	–64,2	–39,0
$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_1	190	47,9	22,3	134	8,6	55,8	196,2	–2,1	–1,0
$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_2	190	67,9	26,9	135,2	8,6	67,3	236,7	25,7	12,2
$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_3	190	47,9	22,3	136,1	8,6	55,8	196,2	–4,2	–2,1
$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mn	190	57,9	24,6	135,8	8,6	61,5	216,5	10,6	5,2
Дерново-подзолистая связносупесчаная почва									
5. $N90P_{60}K_{90}$	240	62,0	17,9	173,6	15,6	44,7	157,3	–76,6	–32,7
8. $N_{60}P_{80}K_{90}$	230	78,7	21,7	178,7	15,0	54,3	191,1	–56,8	–22,9
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	230	68,3	18,8	173,6	17,5	47,1	165,8	–72,4	–30,4
9. $N_{60}P_{80}K_{160}$	300	56,7	20,4	196,3	21,9	51,0	179,5	–89,7	–33,3
Комплексные формы удобрений									
11. $N_{60}P_{40}K_{90}$ – базовый вариант	190	75,8	17,3	127,5	8,6	43,2	152,1	–27,2	–15,2
14. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B_3	190	108,9	24,8	134,0	8,6	62,1	218,6	13,9	6,8
15. $N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mg	190	106,3	24,2	135,2	8,6	60,6	213,3	9,0	4,4
17.$N_{60}P_{40}K_{90}$ с B, Mn	190	103,2	23,5	135,8	8,6	58,8	207,0	3,8	1,9

Для расчета экономической эффективности применения минеральных удобрений выбраны варианты с наибольшей продуктивностью, т.е. перспективные дозы стандартных и новые формы комплексных удобрений с модифицирующими добавками. Экономические показатели определялись на основании расчетной прибавки продукции от 1 кг NPK, прибавки урожая на гектар посева за счет удобрений и нормативов затрат, связанных с применением удобрений в ценах 2014 года. Для определения прибыли рассчитали стоимость прибавки урожая, полученного за счет удобрений и затраты на получение прибавки урожая от удобрений в соответствии с методикой определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений [7]. Урожайность зеленой массы подсолнечника переведена в кормовые единицы с использованием коэффициента 0,12. Таким образом, прирост урожайности зеленой массы подсолнечника от удобрений, выраженный в кормовых единицах по лучшим вариантам опыта на легкосуглинистой почве составил 21,6–26,9 ц/га к.ед., на связносупесчаной почве – 17,3–24,8 ц/га к.ед. (табл. 5).

Установлено, что значения показателей экономической эффективности стандартных и комплексных минеральных удобрений при возделывании подсолнечника на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах определялись уровнем продуктивности культуры, которая в свою очередь зависела от гранулометрического состава почвы.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании подсолнечника на зеленую массу были эффективны варианты с внесением комплексного NPK с B_2(0,25 %) и NPK с B, Mn в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$, обеспечившие получение прибыли 25,7 и 10,6 USD/га с рентабельностью 12,2 и 5,2%

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве внесение комплексных NPK с B_3(0,35 %), NPK с B, Mg и NPK с B, Mn в дозе $N_{60}P4_{60}K_{90}$ прибыль от 3,8 до 13,9 USD/га с рентабельностьь на уровне 1,9–6,8 %.

ВЫВОДЫ

1. При возделывании подсолнечника Степок на зеленую массу в центральной и юго-восточной части Республики Беларусь на дерново-подзолистой легкосуглинистой и связносупесчаной почвах установлено, что уровень прибавок зеленой массы от стандартных форм минеральных удобрений в дозах NPK 190–300 кг/га д.в. на первой почве составил 18–45%, на связносупесчаной – 13–43 % по сравнению с контролем. Урожайность зеленой массы подсолнечника на легкосуглинистой почве в вариантах с удобрениями находилась в пределах от 495 до 609 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK – от 7,6 до 18,4 кг, а на связносупесчаной почве – 471–598 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK – 6,5–15,8 кг.

2. Применение на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве комплексных удобрений с модифицирующими добавками обеспечивало увеличение урожайности зеленой массы на 58–129 ц/га, сухого вещества – на 11,7–25,8 ц/га по сравнению с внесением комплексного удобрения без добавок, а наиболее эффективными были варианты с внесением комплексного NPK с B_2 и NPK с B, Mn в дозе $N_{60}P4_{60}K_{90}$, обеспечившие получение прибыли 25,7 и 10,6 USD/га с рентабельностью 12,2 и 5,2 %; соответственно на связносупесчаной почве – 30–63 ц/га и 5,8–12,6 ц/га и NPK с B_3, NPK с B, Mg и NPK с B, Mn в дозе $N_{60}P4_{60}K_{90}$ с прибылью от 3,8 до 13,9 USD/га и рентабельностью на уровне 1,9–6,8 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев, Д.С.* Подсолнечник / Д.С. Васильев – М.: Агропромиздат, 1990. – 174 с.

2. *Ткачев, П.Я.* Агротехника подсолнечника / П.Я. Ткачев. – М., 1959. – 134 с.

3. Биология, селекция и возделывание подсолнечника / О.И. Тихонов [и др.]; под общ. ред. О.И. Тихонова. – М.: Агропромиздат, 1991. – 281 с.

4. *Шпаар, Д.*О возможности выращивания подсолнечника / Д. Шпаар, М.Т. Дорофеюк, В.А. Щербаков // Земляробства і ахова раслін. – 1997 – № 2. – С. 12–15.

5. *Гомончук, И.И.* Возделывание подсолнечника масличного и сои в условиях Беларуси: метод. пособие / И.И. Гомончук, О.Г. Давыденко; Брестская ОСХОС НАН Беларуси. – Пружаны, 2008. – 43 с.

6. Отраслевой регламент. Возделывание подсолнечника на маслосемена. Типовые технологические процессы / В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2009. – 32 с.

7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

INFLUENCE OF STANDARD AND COMPLEX FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND YIELD STRUCTURE OF GREEN WEIGHT UNFLOWER ON SOD-PODSOLIC AND COHERENT SANDY LOAM SOIL

G.V. Pirogovskaya, S.S. Khmelevsky, G.M. Safronovskaya, V.I. Soroko, A.I. Isaeva, T.V. Garbuzova, A.A. Malitskaya, V.V. Bobovkina, L.P. Shimansky

Summary

Data on influence of standard and complex fertilizers on productivity of green weight (leaves, stalks, baskets), dry substance and yield structure of sunflower (height of plants, quantity of leaves on a plant, diameter of a basket) on sod-podzolic light loamy (Minsk district of the Minsk region) and coherent sandy loam soil (Mozyr district of the Gomel region) are given.

Поступила 20.11.14

УДК 633.2/.3:631.8:631.559:631.445.24

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ КОРНЕВЫВЫМИ И ПОЖНИВНЫМИ ОСТАТКАМИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВОСМЕСЕЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.И. Сороко, Г.В. Пироговская

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Корневая система играет главную роль в поступлении элементов питания в растения. Рост и развитие корневой системы зависит от многих причин: почвенных и климатических условий, наличия важнейших элементов питания в почве, а также биологических особенностей возделываемых культур. В то же время минерализация корневых остатков растений оказывает определенное влияние на почву и урожай последующих культур, часто в большей степени, чем внесение традиционных органических удобрений [1–4].

Многочисленные научные данные свидетельствуют о том, что доля органических удобрений в балансе органического вещества составляет примерно 30–40 %. Остальные 60 и более процентов приходятся на долю возделываемых растений за счет корневых и поверхностных растительных остатков. Особое значение имеет использование многолетних трав в севооборотах, их ботанический состав в травосмесях и сроки использования. Например, в зернотравяном севообороте, где многолетние травы возделывались в двух полях севооборота (клевер 1 года пользования + клеверо-злаковая смесь 2 годичного пользования) баланс гумуса был положительным даже при минеральной безнавозной, системе удобрений [1, 2 ,5]. Отмечено также, что при бессменном возделывании многолетних злаковых трав не только не наблюдается увеличения содержания гумуса в почве но, напротив, обозначилась тенденция к его снижению [1]. Литовские ученые [6] констатируют, что на фоне высоких доз азота (N_{180}), количество гумуса в почве на злаковом травостое повышалось, однако на бобово-злаковом травостое ($N_{0–60}$) содержание гумуса возросло в большей степени – на 0,42–0,60 % (до 2,18–2,44 %). Таким образом многолетние травы способствуют окультуриванию почв, но в большей степени при возделывании бобово-злаковых травосмесей.

Ценность корневых и пожнивных остатков зависит не только от объемов их поступления в почву, но также и от их химического состава, что в конечном итоге влияет на величину поступления в почву элементов питания, в первую очередь, азота.

Имеются данные, что бобово-злаковые многолетние травосмеси способны накапливать в почве от 90 до 120 кг/га азота, а бобовые травы в чистых посевах – до 150–200 кг [7]. Такое количество накопленного азота в пересчете эквивалентно 18–24 т/га навоза и более [2, 8].

Большая часть исследований по накоплению корневых остатков многолетними травами проводилась в опытах с бобово-злаковыми и бобовыми травосмесями.

Опыты со злаковыми травами менее многочисленны, в то же время утвердилось мнение, что только бобово-злаковые и бобовые травосмеси способны повысить запасы органического вещества в почве [1, 7]. Данные по влиянию злаковых травосмесей на содержание гумуса в почве и другие показатели плодородия во многих случаях получены в производственных условиях, где отмечается низкий уровень применения удобрений и продуктивность травостоев. Следует учитывать, что под злаковые травы во многих случаях применяются высокие дозы азотных удобрений, не сбалансированных по фосфору и калию, что не способствует улучшению почвенных показателей [1].

Накопление корневых остатков многолетних трав зависит не только от применения удобрений, но и от уровня плодородия почв. Ведущими отечественными агрохимиками установлено, что недостаток питания подавляет рост корневой системы, в то же время улучшение условий питания увеличивает долю корней в общей биомассе растений. Так, на более бедных дерново-подзолистых суглинистых почвах на долю корней у овса приходилось 28 % от общей биомассы, тогда как на черноземах у пшеницы – 70 % [9]. Есть сведения, что на менее плодородных почвах с баллом пахотных земель от 29 до 39, каждый гектар многолетних трав способен накопить объем корневых остатков, равноценный внесению 15 т/га навоза, а на более плодородных с баллом от 40 до 50–20 т/га [2].

Таким образом, накопление органического вещества корневыми остатками возделываемых культур зависит от их биологических особенностей и уровня питания, обеспечиваемого плодородием почвы и внесением удобрений.

На легких дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах в течение последних лет сложилось неблагоприятное соотношение площадей посева многолетних трав и пропашных культур, следствием чего явилось недостаточное поступление в почву органического вещества с корневыми остатками трав и неблагоприятный баланс гумуса [2, 5]. В связи с вышеизложенным, необходимо расширять объемы травосеяния с применением удобрений на научной основе, обеспечить повышение продуктивности трав и, в итоге, урожайности последующих культур севооборота. Если биологические особенности многолетних трав в отношении формирования корневых систем в определенной мере изучены, то сведения о влиянии систем удобрения на аккумуляцию элементов питания в корневых остатках злаковых и бобово-злаковых травосмесей на легких почвах весьма ограничены.

Цель исследований – определить количество элементов питания, поступающих в почву с корневыми и пожнивными остатками злаковых и бобово-злаковых травосмесей второго и третьего года пользования на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в зависимости от системы удобрения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение влияния системы удобрения на накопление пожнивных и корневых остатков многолетних злаковых и бобово-злаковых травосмесей второго и третьего года пользования проводилось на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,35 м рыхлым песком, почве в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области.

Схема опыта на злаковой травосмеси включала варианты:

1. Контроль без удобрений;
2. $N_7P_{25}K_{70}$ под 1-й укос + K_{70} под 2-й укос – фон 1;
3. $N_{13}P_{50}K_{70+70}$ – фон 2;
4. Фон 1 + N_{45} под 1-й укос + N_{45} под 2-й укос;
5. Фон 1 + $N_{120(60+60)}$;
6. Фон 2 + $N_{90(45+45)}$;
7. Фон 1 + 30 т/га органических удобрений (ОУ)+ $N_{90(45+45)}$;
8. $N_{45}P_{25}K_{70}$ (под 1-й укос) комплексное с микроэлементами + $N_{45}K_{70}$ (под 2-й укос);
9. $N_{60}P_{50}K_{90}$ (под 1-й укос) комплексное с микроэлементами + $N_{60}K_{50}$ (под 2-й укос).

Соответственно, на бобово-злаковой травосмеси:

1. Контроль без удобрений;
2. $N_8P_{30}K_{80+80}$ – фон 1;
3. $N_{16}P_{60}K_{80+80}$ – фон 2;
4. Фон 1+ $N_{40(20+20)}$;
5. Фон 1 + $N_{60(30+30)}$;
6. Фон 2 + $N_{40(20+20)}$;
7. Фон 1 + 30 т/га органических удобрений (ОУ)+$N_{40(20+20)}$;
8. $N_{20}P_{30}K_{80}$ (под 1-й укос) комплексное с микроэлементами + $N_{20}K_{80}$ (под 2-й укос);
9. $N_{30}P_{60}K_{100}$ (под 1-й укос) комплексное с микроэлементами + $N_{30}K_{60}$ (под 2-й укос).

Агрохимические показателями пахотного горизонта перед закладкой опыта были следующие: pH_{KCl} –5,19, P_2O_5 – 195 и K_2O – 266 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,51 %.

Исследования проводили в звене кормового севооборота с чередованием культур: многолетние травы первого года жизни (2004 г.) – первого года пользования (2005 г.) – второго года пользования (2006 г.) – третьего года пользования (2007 г.).

Состав травосмесей:

- бобово-злаковая травосмесь: тимофеевка луговая – 4,7 кг/га, овсяница луговая – 7 кг/га, лядвенец рогатый – 8 кг/га, клевер луговой – 3 кг (22,7 кг/га, 16 млн семян).
- злаковая травосмесь: тимофеевка луговая – 8 кг/га, овсяница луговая – 12 кг/га (20 кг/га, 17 млн семян).

Площадь делянок: 32 (8х4) м^2. Повторность вариантов – 4-кратная.

В качестве минеральных удобрений в опытах применяли: азотные – карбамид (под первый укос), сульфат аммония (второй укос), фосфорные – аммонизированный суперфосфат, калийные – хлористый калий; в качестве органических – торфонавозный компост перед закладкой опыта.

В почвенных образцах определяли: pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), общий гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 262 13–91). В растительных образцах азот, фосфор и калий определяли из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот – методом Къельдаля (ГОСТ 13496.4–93);

фосфор – на фотоэлектрокалориметре (ГОСТ 26657–85); калий – на пламеннном фотометре (ГОСТ 30504–97); кальций и магний – на атомно-адсорбционном спектрофотометре (ГОСТ 26570–95, ГОСТ 305–97).

Определение массы корневых и пожнивных остатков проводили по методу М.З. Станкова [10], после уборки последнего укоса трав второго и третьего года пользования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние систем удобрения на урожай травосмесей и накопление корневых и пожнивных остатков трав было изложено нами в предыдущих сообщениях [11, 12]. Можно лишь отметить, что в течение трех лет пользования наибольшая урожайность многолетних трав была отмечена на второй год пользования как злаковой, так и бобово-злаковой травосмесей. На третий год пользования урожай трав снизился незначительно и составил 90–99 % от уровня урожая, полученного во второй год пользования. Учет корневых и пожнивных остатков трав, а также данные по накоплению элементов питания приведены за второй и третий годы пользования, так как в практике сельского хозяйства травы запахивают именно в эти годы, после уборки последнего укоса.

Химический анализ корневых и пожнивных остатков трав второго года пользования (2006) и расчет накопления элементов питания показал, что без внесения удобрений злаковые травы накапливают минимальное количество азота – 47,7 кг/га, бобово-злаковые – 112,9 кг/га. В вариантах с удобрениями накопление азота возросло в 1,8–3,7 раза на злаковых травах и в 1,3–1,8 на бобово-злаковых травосмесях. При запашке корневых и пожнивных остатков злаковых травосмесей второго года пользования в количестве 44,2–64,6 ц/га (в пересчете на сухое вещество) в почву поступало 85,3–175,1 кг/га азота, фосфора – 45,1–65,2, калия – 41,1–69,1, кальция – 8,8–16,2, Mg – 3,1–5,2 кг/га. Следует отметить, что в вариантах с фосфорными и калийными удобрениями накопление элементов питания было ниже, чем в вариантах с полным минеральным удобрением (NPK). Так, внесение азотных удобрений на фоне различных доз фосфорных и калийных повышало накопление азота на 47,5–89,8 кг/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние систем удобрения на накопление элементов питания в корневых и пожнивных остатках травосмесей второго года пользования

Вариант	Масса остатков, сухое вещество, ц/га	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
		кг/га				
Злаковые травосмеси						
1. Контроль без удобрений	33,6	47,7	40,0	45,0	8,1	3,0
2. $N_7P_{25}K_{70}$ под 1 укос + K_{70} под 2-й укос – фон 1	44,2	85,3	45,1	41,1	8,8	3,1
3. $N_{13}P_{50}K_{70+70}$ – фон 2	46,3	101,4	54,2	63,0	12,0	4,2
4. Фон 1 + N_{45} под 1 укос + N_{45} под 2-й укос*	52,7	132,8	63,2	55,9	9,0	4,2
5. Фон 1 + $N_{120(60+60)*}$	60,1	155,1	63,7	69,1	16,2	4,8
6. Фон 2 + $N_{90(45+45)*}$	52,4	133,1	62,9	56,1	8,9	4,2

Окончание табл. 1

Вариант	Масса остатков, сухое вещество, ц/га	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
		кг/га				
7. Фон 1 + 30 т/га (ОУ) + $N_{90(45+45)}$*	64,6	175,1	65,2	63,3	16,2	5,2
Среднее по вариантам	53,4	**118,6**	**56,3**	**56,2**	**11,3**	**4,1**
$НСР_{05}$	3,1					
Бобово-злаковые травосмеси						
1. Контроль	39,2	112,9	40,0	49,2	11,0	4,0
2.$N_8P_{30}K_{80+80}$ – фон 1	49,7	153,1	53,0	65,2	13,0	4,0
3. $N_{16}P_{60}K_{80+80}$ – фон 2	47,9	146,1	48,0	59,0	11,0	3,0
4. Фон 1+ $N_{40(20+20)}$	48,3	146,8	51,0	62,7	9,0	3,0
5. Фон 1 + $N_{60(30+30}$	51,7	165,4	60,0	73,8	10,3	3,6
6. Фон 2 + $N_{40(20+20)}$	53,5	171,2	62,0	76,3	10,0	4,0
7. Фон 1 + 30 т/га (ОУ) + $N_{40(20+20)}$	65,1	197,9	89,0	109,5	12,0	5,0
Среднее по вариантам	52,7	**156,2**	**57,6**	**70,8**	**10,9**	**3,8**
$НСР_{05}$	3,8					

* ОУ – органическое удобрение.

Корневые и пожнивные остатки бобово-злаковых травосмесей в вариантах с удобрениями (49,7– 65,1 ц/га сухого вещества) аккумулировали: азота – 153,1–197,9 кг/га, фосфора – 48,0–89,0, калия – 59,0–109,5, кальция – 9,0–13,0, магния – 3,0–5,0 кг/га. Внесение фосфорных и калийных удобрений повышало накопление азота остатками бобово-злаковых трав на 33,2–40,2 кг/га, внесение азотных удобрений – на 12,3–44,8 кг/га.

Последействие органических удобрений при органо-минеральной системе удобрения (вариант 7) также сказалось на накоплении азота корневой массой злаковых и бобово-злаковых травосмесей – 42,3 и 51,1 кг/га азота (вариант 4) соответственно (табл. 1).

Корневые и пожнивные остатки злаковых трав третьего года пользования в варианте без удобрений (30,0 ц/га сухого вещества) аккумулировали 45,9 кг/га азота, что несколько ниже по сравнению со вторым годом пользования (47,7 кг/га). В удобренных вариантах в 43,0–67,5 ц/га сухого вещества остатков злаковых трав третьего года пользования содержалось: азота – 77,4–136,1 кг/га, фосфора – 26,2–47,3, калия – 25,4–90,4, кальция – 9,5–19,6, магния – 4,2–9,6 кг/га. Фосфорные и калийные удобрения повышали накопление азота на 31,1–31,5 кг/га, азотные, по фону фосфорных и калийных удобрений – на 16,8–59,1 кг/га (табл. 2).

Более высокая масса корневых и пожнивных остатков бобово-злаковых травосмесей и содержание элементов питания в них обеспечило в третьем году пользования более высокий объем накопления элементов питания в сравнении со злаковыми травосмесями: азота в варианте без удобрений – 71 кг/га, в фоновых вариантах 107,3–134,9 кг/а, в вариантах с внесением полного минерального удобрения – 132,3–178,4 кг/га. Фосфорные и калийные удобрения повышали накопление азота на 36,3–63,9 кг/га, азотные – на 22,6–65,4 кг/га. Количество фосфора, аккумулированного в корневых остатках, составило 24,9–49,4 кг/га, калия – 35,7–62,7 к/га, кальция – 8,0–25,0 кг/га, магния – 3,6–8,3 кг/га (см. табл. 2).

Таблица 2

Влияние систем удобрения на накопление элементов питания в корневых и пожнивных остатках травосмесей третьего года пользования, ц/га

Вариант	Масса остатков, сухое вещество, ц/га	N	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
		кг/га				
Злаковые травосмеси						
1. Контроль без удобрений	30,0	45,9	24,0	15,3	12,3	3,9
2. $N_7P_{25}K_{70}$ под 1-й укос + K_{70} под 2-й укос – фон 1	43,0	77,4	26,2	27,5	9,5	4,3
3. $N_{13}P_{50}K_{70+70}$ – фон 2	41,6	77,0	30,4	25,4	9,6	4,2
4. Фон 1 + N_{45} под 1-й укос + N_{45} под 2-й укос	52,2	94,2	26,6	33,4	9,4	4,2
5. Фон 1 + $N_{120(60+60)*}$	51,2	130,1	31,3	25,6	12,3	5,1
6. Фон 2 + $N_{90(45+45)*}$	63,0	136,1	44,7	32,8	9,5	5,7
7. Фон 1 + 30 т/га (ОУ) + $N_{90(45+45)*}$	68,5	124,6	47,3	74,6	16,4	9,6
8. $N_{45}P_{25}K_{70}$ под 1-й укос комплексное с микроэлементами + $N_{45}K_{70}$ (под 2-й укос)	62,2	107,0	33,6	49,8	18,0	7,5
9. $N_{60}P_{50}K_{90}$ под 1-й укос комплексное с микроэлементами + $N_{60}K_{50}$ (под 2-й укос)	67,5	122,2	39,8	90,4	19,6	7,4
Среднее по вариантам	56,1	**101,6**	**33,8**	**41,6**	**12,9**	**5,8**
$НСР_{05}$	3,6					
Бобово-злаковыеи травосмеси						
1. Контроль	36,1	71,0	24,9	35,7	10,1	3,6
2. $N_8P_{30}K_{80+80}$ – фон 1	53,1	107,3	38,8	43,0	8,0	5,8
3. $N_{16}P_{60}K_{80+80}$ – фон 2	55,3	134,9	35,9	35,4	10,5	6,1
4. Фон 1+ $N_{40(20+20)}$	58,3	132,3	29,7	43,1	10,5	6,4
5. Фон 1 + $N_{60(30+30}$	67,4	173,0	49,2	49,2	25,0	6,1
6. Фон 2 + $N_{40(20+20)}$	68,6	157,5	49,4	49,4	14,4	8,2
7. Фон 1 + 30 т/га (ОУ) + $N_{40(20+20)}$	65,3	172,7	40,5	62,7	13,1	6,5
8. $N_{20}P_{30}K_{80}$ под 1-й укос комплексное с микроэлементами + $N_{20}K_{80}$ (под 2-й укос)	69,2	178,4	40,8	44,3	15,9	8,3
9. $N_{30}P_{60}K_{100}$ под 1-й укос комплексное с микроэлементами + $N_{30}K_{60}$ (под 2-й укос)	70,4	171,1	42,9	50,0	19,0	7,7
Среднее по вариантам	63,5	**144,2**	**39,1**	**45,9**	**14,0**	**6,5**
$НСР_{05}$	4,4					–

Поступление элементов питания в почву с пожнивными и корневыми остатками многолетних бобово-злаковых травосмесей второго и третьего года пользования было постоянно более высоким по сравнению со злаковыми травосмесями: по азоту во второй год пользования – в 1,3 раза, фосфору – 1,0, калию – 1,3 раза, в третий год пользования по азоту – в 1,4, фосфору – в 1,2, калию – 1,1 раза соответственно (табл. 1, 2).

Значение пожнивных остатков сельскохозяйственных растений в качестве органического удобрения для последующих культур севооборота оценивается, прежде всего, по накоплению азота. В наших исследованиях проведен сравнительный

анализ поступления основных элементов питания с остатками травосмесей и подстилочным навозом КРС, в котором содержится азота – 5 кг/т, фосфора – 2,5, калия – 6 кг/т [2]. Анализ экспериментальных данных показал, что травосмеси двух лет пользования в удобренных вариантах накапливали значительное количество элементов питания, особенно, азота, в среднем – от 101 до 156 кг/га, что соответствует 20–30 т/га навоза КРС. Поступление фосфора было примерно равным внесению 20 т навоза: 34–58 кг/га с остатками травосмесей и 50 кг/га с навозом. Поступление калия с остатками трав несколько уступало навозу – 42–71 кг/га и в пересчете было эквивалентно его содержанию в 6–12 т/га навоза, что должно учитываться при системе удобрения последующих культур (табл. 3).

Результаты наших исследований согласуются с данными, полученными П.Ф. Тиво [13]. В корневых и пожнивных остатках многолетних бобово-злаковых травосмесей содержалось: азота – 2,44–2,48 %, фосфора – 0,50–0,58, калия – 0,96–1,16 %. При этом в 46,7–53,8 ц/га сухого вещества остатков аккумулировалось азота 115,8–131,3 кг/га, фосфора – 26,9–27,1, калия – 51,6–54,2 кг/га. Соотношение азота к фосфору и калию было: 1:0,21–0,23:0,39–0,47 [13].

Таблица 3

Соотношение элементов питания в сухом веществе корневых и пожнивных остатков злаковых и бобово-злаковых травосмесей и подстилочном навозе

Год пользования трав	N	P_2O_5	K_2O
	Вынос, кг/га		
Злаковые травосмеси			
2 год пользования	118,6	56,3	56,2
Отношение к N	1	0,47	0,47
3 год пользования	101,6	33,8	41,6
Отношение к N	1	0,33	0,41
Бобово-злаковые травосмеси			
2 год пользования	156,2	57,6	70,8
Отношение к N	1	0,37	0,45
3 год пользования	144,2	39,1	45,9
Отношение к N	1	0,27	0,32
Навоз одстилочный КРС			
Вносится с 20 т/га навоза КРС, кг/га	100	50	120
Отношение к N	1	0,5	1,2

ВЫВОДЫ

1. Количество элементов питания, аккумулированных в корневых и пожнивных остатках многолетних злаковых и бобово-злаковых травосмесей зависит от вида травосмеси и несколько снижается к третьему году пользования травостоя. Злаковые травосмеси во второй год пользования в корневых и пожнивных остатках накапливают азота – 118,6 кг/га, фосфора – 56,3 кг/га, калия – 56,2 кг/га, в третий год – 101,6 кг/га, 33,8 и 41,6 кг/га соответственно. Аккумуляция элементов питания бобово-злаковыми травосмесями более высокая – во второй год пользования: азота – 156, 2 кг/га, фосфора – 57,6, калия – 70,8 кг/га, в третий год – азота – 144,2 кг/га, фосфора – 39,1 и калия – 45,9 кг/га.

2. Накопление элементов питания зависит от системы удобрения трав: наименьшие показатели характерны для вариантов с внесением фосфорные и калийных удобрений, наибольшие – для минеральной и органо-минеральной системы с внесением NPK.

3. Сравнение количества элементов питания накопленных корневыми и пожнивными остатками трав с подстилочным навозом показало, что по азоту оно эквивалентно 20–30 т навоза, по фосфору – 20 т навоза, по калию – 6–12 т навоза, что следует учитывать при удобрении последующих культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никончик, П.И.* Роль севооборота и рациональной структуры посевных площадей в повышении продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почвы / П.И Никончик // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2003. – № 1. – С. 37–40.

2. *Лапа, В.В.* Методические указания по учету и применению органических удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2007. – 16 с.

3. Влияние многолетних трав на плодородие почв / Г.В. Благовещенский [и др.] // Кормопроизводство. – 2003. – № 4. – С. 20–23.

4. *Шпаков, А.С.* Продуктивность озимой ржи в зернотравяных севооборотах Нечерноземной зоны / А.С. Шпаков [и др.] // Зерновое хозяйство. – 2003. – № 3. – С. 15–17.

5. *Богдевич, И.М.* Анализ изменения содержания гумуса в почвах пахотных и кормовых угодий Республики Беларусь / И.М. Богдевич, И.Д. Шмигельская, Ю.И. Конашенко // Почвенные исследования и применение удобрений. – 2004. – Вып. 28. – С. 3–18.

6. *Вайчюлите, Р.* Влияние луговых сообществ на агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда БОП, 25–29 июня 2001 г., Минск. – Минск, 2001. – С. 68–70.

7. *Мееровский, А.С.* Луговое кормопроизводство Беларуси: задачи и перспективы / А.С. Мееровский, Н.Ф. Башлаков // Резервы повышения продуктивности кормовых угодий в Республике Беларусь: материалы респ. науч.-практ. конф. – Горки: БСХА.– 2002. – С.10–12.

8. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – С. 75.

9. *Трутнев, А.Г.* Особенности роста корневой системы растений на подзолистых почвах / А.Г. Трутнев // Вопросы корневого питания растений. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1968.– С. 24–25.

10. *Станков, Н.З.* Корневая система полевых культур / Н.З. Станков. – М.: Колос, 1964. – 280 с.

11. Влияние системы удобрения на урожайность многолетних трав на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах / В.И. Сороко [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007 г. – № 1(38). – С. 182–195.

12. *Сороко, В.И.* Влияние систем удобрения на накопление корневых и пожнивных остатков многолетними травосмесями на дерново-подзолистой рыхлосу-

песчаной почве / В.И. Сороко, Г.В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 206–215.

13. *Тиво, П.Ф.* Агрохимическая оценка растительных остатков сельскохозяйственных культур в условиях Белорусского Поозерья / П.Ф Тиво [и др.] // Мелиорация сельскохозяйственных земель в XXI веке: проблемы и перспективы: доклады междунар. науч.-практ. конф. 20–22 марта 2007 г. – Минск: ИВЦ МинФина, 2007. – С. 321–324.

IMPACT OF FERTILIZERS SYSTEMS ON THE ROOT AND STUBBLE REMAINS ACCUMULATION OF THE PERENNIALE GRASSES ON PODZOLUVISOIL LOAMY SAND SOIL

V.I. Soroko, G.V. Pirogovskaya

Summary

The purpose of the present article is to explore the impact of fertilizers systems on main mineral nutrients accumulation by the roots and stubble residues of different species of perennial grasses. Based in the field experiment on Podzoluvisol loamy sand soil there is observed tendency of the mineral nutrients accumulation increase depending on fertilizer system.

Поступила 27.11.14

УДК 631.81.095.337:633.367:633.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ МИКРОСТИМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

М.В. Рак, С.А. Титова, Т.Г. Николаева, В.А. Муковозчик, Л.Н. Гук, В.А. Савицкая

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Снижение почвенной кислотности и постоянный вынос урожаем приводит к уменьшению содержания подвижных форм микроэлементов в почвах Беларуси. Данные 12 тура агрохимического обследования почв, проведенного в 2007–2010 гг. показали, что отмечается увеличение площади пашни с низким содержанием меди с 42,2 до 50,9 %, цинка – с 59,7 до 68,4 %. Доля пахотных почв 1 и 2 групп обеспеченности, где необходимо применение микроудобрений, высокая и составляет по бору 68,5 %, меди – 92,3 %, цинку – 93,0 % [1]. В результате

маршрутных исследований, проведенных на основных типах почв Беларуси, установлено, что содержание обменного марганца и подвижного кобальта в почвах повсеместно низкое [2, 3]. Низкое содержание подвижных форм микроэлементов в почве обуславливает недостаточное их содержание в растениеводческой продукции. Анализ экспериментального материала показал, что содержание микроэлементов в ней низкое или достигает нижних границ оптимальных значений. При этом научно-обоснованное применение микроудобрений позволяет регулировать процессы обогащения продукции определенными элементами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности человека и животных. Поэтому проблема оптимизации питания растений микроэлементами особенно актуальна [3, 4, 5].

В связи с высокой стоимостью импортных и дефицитом отечественных микроудобрений, ведется работа по разработке новых, более экономичных, технологичных и универсальных по назначению видов микроудобрений. В последние годы производителями микроудобрений большое внимание уделяется хелатам микроэлементов. Они обладают высокой биологической активностью, поэтому быстрее включаются в физиолого-биохимические процессы в растениях. Хелатные микроудобрения хорошо растворяются в воде и при внесении сочетаются с пестицидами [6, 7].

Цель исследований заключалась в изучении эффективности новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим при применении их в предпосевную обработку семян и некорневые подкормки озимой пшеницы и люпина узколистного на дерново-подзолистой супесчаной почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты по изучению эффективности новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании люпина узколистного и озимой пшеницы проведены в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытных участков: 1. Люпин узколистный: pH $_{KCl}$ – 6,2, гумус – 2,26 %,P_2O_5 – 235, K_2O – 265, Co – 0,60, B – 0,55, Cu – 1,65, Zn – 2,5–2,8, мг/кг почвы; 2. Озимая пшеница: pH в KCl – 5,8–6,0, гумус – 2,4–2,8 %, P_2O_5 – 190–235 мг/кг, K_2O – 260–350, Cu – 1,6–2,0, Zn – 2,5–2,8, Mn обм. – 1,0–1,2 мг/кг почвы. В полевом опыте возделывался люпин узколистный Привабны, озимая пшеница Богатка. Предшественники – озимая пшеница, картофель. Норма высева люпина узколистного – 1,2 млн, озимой пшеницы – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Исследования с люпином узколистным проводили на фоне $P_{90}K_{120,}$ с озимой пшеницей – $N_{162}P_{90}K_{150,}$ которые внесены в виде аммофоса и хлористого калия, КАС и карбамида. Площадь делянки люпина узколистного – 18 м^2, повторность в опыта 4-кратная, озимой пшеницы – 25 м^2, повторность опыта 3-кратная. Некорневая подкормка люпина узколистного новыми микроудобрениями в возрастающих дозах проведена в фазу бутонизации, озимой пшеницы в стадию первого узла и в фазу флагового листа.

В ОАО «Каганец» Столбцовского района проведен производственный опыт с люпином узколистным на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы производственного участка: pH $_{KCl}$ – 6,06, гумус – 2,67 %, P_2O_5 – 68, K_2O – 247, B – 0,85, Co – 0,54, Cu – 0,96,

Zn – 2,15 мг/кг почвы. Площадь производственного опыта – 50 га. В производственном опыте возделывался люпин узколистный Першацвет. Норма высева – 1,2 млн всхожих семян на 1 гектар. Исследования проводились на фоне минеральных удобрений $P_{60}K_{115}$. Новые микроудобрения применяли в предпосевную обработку семян и некорневую подкормку. Некорневую подкормку в возрастающих дозах проводили в фазу бутонизации.

Эффективность новых хелатных микроудобрений МикроСтим при некорневых подкормках озимой пшеницы изучали в полевом и производственном опыте СПК «Городея» Несвижского района на дерново-подзолистой связносупесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытных участков: 1. Полевой опыт: pH в KCl–6,9, гумус – 2,3 %, P_2O_5 – 301, K_2O – 277, Cu – 1,2, B – 0,78, Zn – 2,5 мг/кг почвы 2. Производственный опыт: pH в KCl – 5,74, гумус – 1,83 %, P_2O_5 – 224, K_2O – 398, Cu – 1,1, B – 0,7, S – 1,8, Zn – 1,8 мг/кг почвы. В опытах возделывалась озимая пшеница Центос и Сюита. Норма высева – 4,5 млн. всхожих семян на 1 гектар. Исследования проводили на фоне минеральных удобрений $N_{176}P_{52}K_{120}$ (полевой опыт) и $N_{176}P_{94}K_{150}$ (производственный опыт). Минеральные удобрения в опыте внесены в виде КАС, мочевины, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Некорневую подкормку озимой пшеницы новыми микроудобрениями в полевом опыте проводили в стадию первого узла и флагового листа, в производственном опыте – в стадию первого узла. Площадь делянки в полевом опыте – 25 м^2 , повторность – 3-кратная. Площадь производственного опыта 120 га.

Химический состав новых жидких хелатных микроудобрений с биостимулятором МикроСтим представлен в табл. 1, 2.

Таблица 1

Химический состав жидких микроудобрений МикроСтим для люпина узколистного

Марки микроудобрений	Кобальт	Бор	Азот	Гуминовые вещества
	г/л			
МикроСтим–Кобальт	127–140	–	53–73	–
МикроСтим–Кобальт,Бор	45–55	45–55	90–115	0,6–9,0

Таблица 2

Химический состав жидких микроудобрений МикроСтим для озимой пшеницы

Марки микроудобрений	Медь	Марганец	Молибден	Азот	Гуминовые вещества
	г/л				
МикроСтим–Медь,Молибден	45–55	–	45–55	66–86	0,6–9,0
МикроСтим–Медь,Марганец	25–55	25–55	–	35–70	–

При предпосевной обработке семян зерновых и зернобобовых культур расход рабочего раствора составлял 10 л/т. Рабочий раствор готовился непосредственно перед предпосевной обработкой семян в рабочей емкости машины при непрерывном перемешивании и использовался в день приготовления. Для некорневых подкормок раствор готовился непосредственно перед обработкой растений путем разведения концентрата удобрения водой. Расход рабочего раствора 200 л/га.

Технология возделывания исследуемых культур – общепринятая для республики. Во время вегетации культур проводился уход за посевами, применялись средства защиты. Исследования проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов. Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа. Схемы опытов, дозы микроудобрений и фоны минеральных удобрений представлены далее в таблицах.

Экономическая эффективность применения новых микроудобрений рассчитывались по методике разработанной Институтом почвоведения и агрохимии [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что применение новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим, содержащих кобальт и бор, при возделывании люпина узколистного способствует повышению урожайности. Величина прибавок урожайности зерна зависела от способа, марки и доз вносимых микроудобрений (табл. 3). Так, предпосевная обработка семян новым микроудобрением МикроСтим–Кобальт в дозе 0,19 л/т повышала урожайность зеленой массы на 39 ц/га, зерна – на 2,2 ц/га. Применение двухкомпонентного микроудобрения МикроСтим–Кобальт,Бор в дозе 0,5 л/т способствовало повышению урожая зеленой массы на 30 ц/га, зерна – на 2,4 ц/га. Некорневая подкормка в фазу бутонизации микроудобрением МикроСтим–Кобальт в различных дозах обеспечила прибавки урожайности зеленой массы 24–29 ц/га, зерна –2,6 ц/га. Наибольшие прибавки урожая получены при внесении микроудобрения МикроСтим–Кобальт,Бор в возрастающих дозах и составили зеленой массы 28–44 ц/га, зерна – 2,6–3,3 ц/га. Эффективным приемом при возделывании люпина узколистного было применение новых микроудобрений в предпосевную обработку семян в сочетании с некорневой подкормкой. В сравнении с фоновым вариантом применение микроудобрения МикроСтим–Кобальт,Бор в возрастающих дозах повышало урожайность зеленой массы люпина на 60–67 ц/га, зерна – на 3,0–4,1 ц/га.

Таблица 3

Влияние новых жидких микроудобрений МикроСтим на урожайность зеленой массы и зерна люпина узколистного, ц/га (среднее 2011–2012 гг.)

Вариант	Зеленая масса		Зерно	
	урожайность	прибавка к фону	урожайность	прибавка к фону
1. $P_{90}K_{120}$ – фон	400	–	22,8	–
Предпосевная обработка семян				
2. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/т)	439	39	25,0	2,2
3. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т)	430	30	25,2	2,4
Некорневая подкормка				
4. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/га)	424	24	23,9	1,1
5. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,38 л/га)	429	29	25,4	2,6
6. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/га)	428	28	25,4	2,6
7. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (1,0 л/га)	444	44	26,1	3,3

Окончание табл. 3

Вариант	Зеленая масса		Зерно	
	урожай-ность	прибавка к фону	урожай-ность	прибавка к фону
Предпосевная обработка семян (ПС) и некорневая подкормка (НК)				
8. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т) (ПС) + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/га) (НК)	460	60	25,8	3,0
9. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т) ПС)+ МикроСтим–Кобальт,Бор (1,0 л/га) (НК)	467	67	26,9	4,1
$НСР_{05}$	10,0		1,7	

При возделывании люпина узколистного наряду с показателями урожайности немаловажное значение имеет качество продукции. Применение новых жидких хелатных микроудобрений МикроСтим позволило повысить содержание сырого протеина в зеленой массе и зерне люпина узколистного (табл. 4). В среднем за два года исследований, в зависимости от видов микроудобрений и способа внесения, содержание сырого протеина в зеленой массе увеличивалось на 1,1–2,2 %, в зерне – на 1,0–2,4 %.

Таблица 4

Влияние микроудобрений МикроСтим на содержание сырого протеина в зеленой массе и зерне люпина узколистного, % (среднее 2011–2012 гг.)

Вариант	Зеленая масса	Зерно
1. $P_{90}K_{120}$ – фон	20,6	28,6
Предпосевная обработка семян		
2. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/т)	20,9	29,6
3. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т)	20,7	30,9
Некорневая подкормка		
4. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/га)	20,8	29,7
5. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,38 л/га)	21,3	30,1
6. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/га)	20,8	31,0
7. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (1,0 л/га)	21,7	29,8
Предпосевная обработка семян (ПС) и некорневая подкормка (НК)		
8. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т) (ПС) + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/га) (НК)	21,4	30,4
9. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т) (ПС) + МикроСтим–Кобальт,Бор (1,0 л/га) (НК)	22,8	29,9

Установлено, что применение жидких хелатных микроудобрений МикроСтим в различных дозах оказало значительное влияние на содержание кобальта в зеленой массе и зерне (табл. 5). Содержание кобальта в зеленой массе и зерне в фоновом варианте составляло соответственно 0,09 и 0,03 мг/кг сухой массы, что ниже оптимальной концентрации данного элемента в кормах для сельскохозяйственных животных (0,3–1,0 мг/кг сухой массы). Некорневая подкормка кобальтсодержащими микроудобрениями повышало содержание кобальта в зеленой массе до 0,42–0,79 мг/кг сухой массы, в зерне – до 0,13–0,34 мг/кг сухой массы.

Таблица 5

Влияние некорневой подкормки люпина микроудобрениями МикроСтим на содержание кобальта в зеленой массе и зерне, мг/кг сухой массы (среднее 2011–2012 гг.)

Вариант	Зеленая масса	Зерно
1. $P_{90}K_{120}$ – фон	0,09	0,03
2. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/га)	0,51	0,13
3. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,38 л/га)	0,88	0,26
4. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/га)	0,50	0,12
5. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (1,0 л/га)	0,55	0,34

Результаты исследований в производственном опыте показали, что на фоне минеральных удобрений применение новых микроудобрений способствовало повышению урожайности зерна люпина с 19,4 ц/га до 23,5 ц/га (табл. 6). В сравнении с фоновым вариантом предпосевная обработка семян люпина узколистного микроудобрением МикроСтим–Кобальт обеспечила прибавку урожая 2,4 ц/га, МикроСтим–Кобальт,Бор – 2,7 ц/га. Некорневая подкормка люпина в фазу бутонизации микроудобрением МикроСтим–Кобальт в возрастающих дозах повышала урожайность зерна на 2,1–3,7 ц/га, МикроСтим–Кобальт,Бор – на 2,5–4,1 ц/га. Наибольший эффект был достигнут при применении повышенных доз исследуемых микроудобрений.

Таблица 6

Влияние микроудобрений МикроСтим на урожайность зерна люпина узколистного, ц/га

Вариант	Урожайность	Прибавка
1. $P_{60}K_{115}$ – фон	19,4	–
Предпосевная обработка семян		
2. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/т)	21,8	2,4
3. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т)	22,1	2,7
Некорневая подкормка		
4. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/га)	21,5	2,1
5. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,38 л/га)	23,1	3,7
6. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/га)	21,9	2,5
7. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (1,0 л/га)	23,5	4,1
$НСР_{05}$	2,0	

При возделывании озимой пшеницы в полевом опыте предпосевная обработка семян новым микроудобрением МикроСтим–Медь,Молибден обеспечивала повышение урожайности зерна на 3,9 ц/га (табл. 7). Внесение микроудобрения МикроСтим–Медь,Молибден в различных дозах в предпосевную обработку семян в сочетании с некорневой подкормкой способствовала увеличению урожайности озимой пшеницы на 4,0–5,0 ц/га. При этом применение новых составов микроудобрений оказывало положительное влияние на показатели качества зерна озимой пшеницы. Предпосевная обработка семян в сочетании с некорневой подкормкой микроудобрением МикроСтим–Медь,Молибден увеличивала содержание белка в зерне на 1,0 %, клейковины – на 2,1 %.

Таблица 7

Влияние новых жидких микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Белок, %	Сбор белка, ц/га	Клейковина, %
1. Контроль (без удобрений)	33,5	–	11,0	3,2	23,3
2. $N_{162}P_{90}K_{150}$ – фон	63,0	–	11,8	6,4	25,0
Предпосевная обработка семян					
3. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (1,0 л/т)	66,9	3,9	12,0	6,9	25,4
Предпосевная обработка семян (ПС) и некорневые подкормки (НК)					
4. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (1,0 л/т) (ПС)+ МикроСтим–Медь,Молибден (0,5 л/га) (НК)	67,0	4,0	12,8	7,4	27,1
5. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (1,0 л/т) (ПС)+ МикроСтим–Медь,Молибден (1,0 л/га) (НК)	68,0	5,0	12,8	7,5	27,1
$НСР_{05}$	2,3		–	–	–

Эффективность применения новых микроудобрений МикроСтим в некорневые подкормки озимой пшеницы зависела от видов и доз внесения. В среднем за два года исследований прибавки урожайности зерна от некорневой подкормки озимой пшеницы микроудобрением МикроСтим–Медь,Молибден в возрастающих дозах составили 2,8–3,4 ц/га, МикроСтим–Медь,Марганец – 3,4–3,9 ц/га (табл. 8). Отмечается тенденция повышения содержания белка и клейковины при двукратной некорневой подкормки микроудобрением МикроСтим–Медь,Молибден.

Таблица 8

Влияние некорневых подкормок озимой пшеницы жидкими микроудобрениями МикроСтим на урожайность и качество зерна, ц/га (среднее 2012–2013 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Белок, %	Сбор белка, ц/га	Клейковина, %
1. Контроль (без удобрений)	33,5	–	11,0	3,2	23,3
2. $N_{169}P_{71}K_{135}$ – фон	65,3	–	11,8	6,6	25,0
3. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (0,5 л/га)	68,1	2,8	12,4	7,3	26,3
4. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (1,0 л/га)	68,6	3,3	12,4	7,3	26,3
5. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (1,5 л/га)	68,7	3,4	12,2	7,2	25,8
6. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (0,5 л/га)	69,2	3,9	12,3	7,3	26,1
7. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (1,0 л/га)	68,7	3,4	12,0	7,1	25,5
8. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (1,5 л/га)	69,0	3,7	12,1	7,2	25,7
$НСР_{05}$	2,2		–	–	–

В производственном опыте установлено, что некорневая подкормка посевов озимой пшеницы новым хелатным микроудобрением МикроСтим–Медь,Молибден и МикроСтим–Медь,Марганец в дозе 1,0 л/га способствовала увеличению урожайности зерна на 3,7и 4,2 ц/га соответственно (табл. 9). Отмечается тенденция повышения содержания белка и клейковины в зерне.

Таблица 9

Влияние некорневых подкормок озимой пшеницы новыми микроудобрениями МикроСтим на урожайность и качество зерна (производственный опыт)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Белок, %	Сбор белка, ц/га	Клейковина, %
1. $N_{176}P_{94}K_{150}$ – фон	64,2	–	10,3	5,7	21,8
2. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (1,0 л/га)	67,9	3,7	10,8	6,3	22,8
3. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (1,0 л/га)	68,4	4,2	10,8	6,4	22,8
$НСР_{05}$	2,4		–	–	–

Некорневые подкормки озимой пшеницы микроудобрением МикроСтим–Медь,Марганец не оказали существенного влияния на повышение содержания микроэлементов в зерне (табл. 10).

Таблица 10

Влияние некорневых подкормок озимой пшеницы микроудобрениями МикроСтим на содержание микроэлементов в зерне

Вариант	Cu	Mn
	мг/кг сухой массы	
1. Контроль (без удобрений)	1,2	17,9
2. $N_{169}P_{71}K_{135}$ – фон	1,6	20,8
3. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (0,5 л/га)	2,2	16,7
4. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (1,0 л/га)	2,0	17,7
5. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (1,5 л/га)	2,1	18,4

Для оценки экономической эффективности применения новых хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании люпина узколистного и озимой пшеницы был рассчитан чистый доход и рентабельность предпосевной обработки семян и некорневых подкормок. Расчет проведен по средним двухлетним данным.

Чистый доход от применения микроудобрения МикроСтим–Кобальт в предпосевную обработку семян люпина узколистного составил 51,1 USD/га при рентабельности 492 %, а от микроудобрения МикроСтим–Кобальт,Бор – 57,7 USD/га и 500 % соответственно (табл. 11). Экономическая эффективность внесения различных доз микроудобрений МикроСтим в некорневые подкормки несколько ниже (чистый доход составил 35,5–70,1 USD/га при рентабельности 272–292 %). Более высокий чистый доход получен при внесении микроудобрения МикроСтим–Кобальт в дозе 0,38 л/га и составил 64,9 USD/га, а микроудобрения МикроСтим–Кобальт,Бор в дозе 1,0 л/га – 70,1 USD/га.

При внесении в некорневые подкормки озимой пшеницы микроудобрения МикроСтим–Медь,Молибден в дозах 0,5 и 1,0 л/га чистый доход составил 47,8 и 50,3 USD/га при рентабельности 208 и 152 % соответственно (табл. 12). Применение некорневых подкормок озимой пшеницы микроудобрением МикроСтим–Медь,Марганец в дозах 0,5 и 1,0 л/га обеспечивало получение чистого дохода 77,7 и 63,8 USD/га при рентабельности 373 и 289 % соответственно.

Таблица 11

Экономическая эффективность применения новых микроудобрений МикроСтим при возделывании люпина узколистного (в расчете на 1 га)

Вариант	Прибавка урожайности, ц	Стоимость прибавки, USD	Затраты, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
Предпосевная обработка семян					
1. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/т)	2,4	64,1	13,0	51,1	492
2. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/т)	2,7	72,1	14,4	57,7	500
Некорневая подкормка					
3. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,19 л/га)	2,1	56,1	20,6	35,5	272
4. Фон + МикроСтим–Кобальт (0,38 л/га)	3,7	98,8	33,9	64,9	292
5. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (0,5 л/га)	2,5	66,8	24,0	42,7	278
6. Фон + МикроСтим–Кобальт,Бор (1,0 л/га)	4,1	109,5	39,4	70,1	278

Таблица 12

Экономическая эффективность применения некорневых подкормок озимой пшеницы новыми микроудобрениями МикроСтим (в расчете на 1 га)

Вариант	Прибавка урожайности, ц	Стоимость прибавки, USD	Затраты, USD	Чистый доход, USD	Рентабельность, %
1. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (0,5 л/га)	2,8	70,8	23,0	47,8	208
2. Фон + МикроСтим–Медь,Молибден (1,0 л/га)	3,3	83,4	33,1	50,3	152
3. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (0,5 л/га)	3,9	98,6	20,8	77,7	373
4. Фон + МикроСтим–Медь,Марганец (1,0 л/га)	3,4	86,0	22,1	63,8	289

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве применение жидких микроудобрений МикроСтим–Кобальт и МикроСтим–Кобальт,Бор в предпосевную обработку семян люпина узколистного в дозах соответственно 0,19 и 0,5 л/т семян способствовало повышению урожайности зерна на 2,4 и 2,7 ц/га при чистом доходе 51,1 и 57,7 USD/га, рентабельности 492 и 500 %.

2. Внесение микроудобрений МикроСтим–Кобальт и МикроСтим–Кобальт,Бор в некорневые подкормки люпина в фазу бутонизации в дозах соответственно 0,38 и 1,0 л/га обеспечивало прибавки урожайности зерна 3,7 и 4,1 ц/га при чистом доходе 64,9 и 70,1 USD/га, рентабельности 292 и 278 %. Некорневая подкормка кобальтсодержащими микроудобрениями повышало содержание кобальта в зеленой массе до 0,42–0,79 мг/кг сухой массы, в зерне – до 0,13–0,34 мг/кг сухой массы.

3. Некорневые подкормки озимой пшеницы в стадию первого узла и флагового листа жидкими микроудобрениями МикроСтим–Медь,Молибден и МикроСтим–Медь,Марганец в дозе 0,5 л/га повышали урожайность зерна на 2,8 и 3,9 ц/га при чистом доходе 47,8 и 77,7 USD/га, рентабельности 208 и 373 % соответственно. Отмечается тенденция улучшения показателей качества зерна при внесении микроудобрений МикроСтим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.

2. *Дубиковский, Г.П.* О результатах исследований по биогеохимии и агрохимии микроэлементов БССР за 1962–1976 гг. / Г.П. Дубиковский // Известкование кислых почв и применение микроудобрений: темат. сб. / Белорус. НИИ земледелия; редкол.: В.П. Самсонов (отв. ред.) [и др.]. – Жодино, 1979. – С. 15–23.

3. *Рак, М.В.* Микроэлементы в почвах Беларуси и применение микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / Биогеохимия и биохимия микроэлементов в условиях техногенеза биосферы: Материалы VIII международной Биогеохимической Школы, посвященной 150-летию со дня рождения академика В.И. Вернадского. – М.: ГЕОХИ РАН, 2013. – С. 339–342.

4. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

5. Кормовые нормы и состав кормов: справ. пособие / А.П. Шпаков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 384 с.

6. *Дятлова, Н.М.* Комплексоны и комплексонаты металлов / Н.М. Дятлова, В.Я.Темкина, К.И. Попов. – М.: Химия, 1988. – 543 с.

7. *Сургучева, М.П.* Комплексоны и комплексонаты микроэлементов и их применение в земледелии / М.П. Сургучева, А.Ю. Киреева, З.К. Благовещенская. – М.: ВНИИТЭИагропром, 1993. – 46 с.

8. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

THE EFFECTIVENESS OF NEW CHELATED MICRONUTRIENT MIKROSTIM IN CULTIVATION BLUE LUPINE AND WINTER WHEAT

M.V. Rak, S.A. Titova, T.G. Nikolayeva, V.A. Mukovozchyk, L.N. Guk, V.A. Savitskaya

Summary

On the sod-podzolic sandy loam soil in field and production experiences with blue lupine and winter wheat the effectiveness of pre-sowing seed treatment and foliar application liquid microfertilizers MikroStim containing cobalt, boron, copper, manganese and molybdenum is defined.

Поступила 4.12.14

УДК 633.162.004.12:631.559

ВЛИЯНИЕ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БИОПРЕПАРАТА РИЗОБАКТЕРИН НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ

И.Р. Вильдфлуш, О.И. Мишура, И.В. Глатанкова

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация питания растений, повышение эффективности внесения удобрений в огромной степени связаны с обеспечением оптимального соотношения в почве макро- и микроэлементов. Причем это важно не только для роста урожайности, но и повышения качества продукции растениеводства и животноводства [1].

Микроэлементы – это необходимые элементы питания, без которых растения не могут полноценно развиваться. Они входят в состав важнейших физиологически активных веществ и участвуют в процессе синтеза белков, углеводов, витаминов, жиров. Под влиянием микроэлементов растения становятся более устойчивыми к неблагоприятным условиям атмосферной и почвенной засухи, пониженным и повышенным температурам, поражению вредителями и болезнями [2, 3, 4].

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство высоких энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста растений. Управление ростом и развитием растений при помощи регуляторов роста позволяет существенно повысить устойчивость к неблагоприятным факторам среды: высоким и низким температурам, недостатку влаги [5, 6].

Повысить эффективность микроудобрений можно за счет перевода их в комплексные соединения (хелаты), которые эффективны в любых почвенно-климатических зонах и хорошо совместимы с регуляторами роста растений. При этом перспективное значение имеют регуляторы роста природного происхождения (экосил, гуматы и др.), поскольку они легко включаются в естественные природные цепи превращений, легко расщепляются до простых химических соединений [7]. В настоящее время широкое распространение получили комплексные препараты на основе микроэлементов и регуляторов роста, эффективность некоторых слабо изучена на пивоваренном ячмене.

Улучшить питание небобовых культур (ячменя, овса, яровой пшеницы, льна и др.) способны ассоциативные микроорганизмы. Значение не симбиотических диазотрофов долгое время недооценивалось, поскольку их вклад в улучшение азотного питания зерновых, кормовых трав и других культур считается незначительным. К настоящему времени разработан целый ряд достаточно эффективных биопрепаратов на основе ассоциативных азотфиксаторов, применение которых на яровых зерновых культурах равнозначно по действию 30–40 кг азота минеральных удобрений [8].

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследований – изучение эффективности минеральных и бактериальных удобрений, новых регуляторов роста растений, однокомпонентных и многокомпонентных микроудобрений в хелатной форме на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, подстилаемой с глубины 1 м моренным суглинком. В 2011–2013 гг. для этого были проведены полевые опыты с пивоваренным ячменем 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 Cu – 0,25 % и Mn – 0,2 % для пивоваренного ячменя.

Некорневые подкормки пивоваренного ячменя в фазе начала выхода в трубку проводились жидким комплексным удобрением Эколист 3 (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, комплексными препаратами на основе микроэлементов и регулятором роста Фитовитал, водорастворимый концентратом (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 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.

Семена ячменя обрабатывали бактериальным препаратом Ризобактерин из расчета 200 мл на гектарную массу семян. Ризобактерин разработан на основе ассоциативного диазотрофа (Kl. planticola 5), которому свойственна колонизирующая способность, ростостимуляция, антимикробное действие.

Определение агрохимических показателей почвы и качества урожая ячменя проводили общепринятыми методами согласно ГОСТ и ОСТ. Экспериментальные данные обработаны методам дисперсионного анализа на ЭВМ.

Почва опытных участков с ячменем имела слабокислую реакцию pH_{KCl} – 5,7–6,0, среднее содержание гумуса – 1,66–1,70 %, повышенное содержание подвижного фосфора – 186–225 мг/кг и 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

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. 1).

Наибольшая урожайность зерна ячменя была получена в вариантах с применением новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста Фитовитал и 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.1). 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 NPK, которая составила в этих вариантах опыта 10,4 и 11,4 кг зерна соответственно.

Таблица 1

Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата на урожайность зерна ячменя

Вариант опыта	Урожайность, ц/га				Окупаемость 1кг NPK, кг зерна, среднее за 3 года
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее за 3 года	
1. Без удобрений	26,3	28,1	29,0	27,8 (28,6*)	–
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	28,7	32,1	33,8	31,5	2,2
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	33,5	38,4	48,0	40,0 (43,2*)	5,8 (7,0*)
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$	41,1	42,8	50,0	44,6 (46,4*)	7,0
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ (АФК форма 10–19–25) с Cu и Mn	–	46,8	53,6	50,2*	10,3*
6. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Экосил в фазу нач. вых. в трубку	46,4	44,8	50,8	47,3	8,1
7. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}КАС в фазу нач. вых. в трубку	44,7	43,3	48,3	45,4	7,3
8. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в нач. фазу вых. в трубку	46,1	45,2	51,1	47,5	8,2
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосил в фазу нач. вых. в трубку	48,1	45,9	52,5	48,8	8,8
10. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}карбамид + МикроСтим–Медь Л в фазу нач. вых. в трубку	51,5	54,6	59,5	55,2	11,4
11. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + Эколист 3	45,6	47,9	51,9	48,5	8,6
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + Фитовитал в фазу нач. вых. в трубку	50,2	50,3	58,0	52,8	10,4
13. $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + МикроСтим–Медь Л	52,0	53,5	57,0	54,2	8,0
14. $N_{16}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	33,3	34,9	38,7	35,6	–
$НСР_{05}$	1,6	1,9	2,4	1,2	

* Среднее за 2012–2013 гг.

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. 1).

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.

Под влиянием бактериального препарата Ризобактерин на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ урожайность зерна ячменя в среднем за 3 года возросла на 4,1 ц/га.

В среднем за 3 года максимальная урожайность ячменя (52,8–55,2 ц/га) была получена в вариантах с применением комплексных препаратов на основе микроудобрений и регуляторов роста 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.

Жидкое комплексное удобрение Эколист 3 в среднем за 3 года не повышало урожайность зерна ячменя по сравнению с фоновым вариантом $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид (табл.1).

Основными элементами урожайности зерновых культур является: число продуктивных стеблей, число зерен в колосе (озерненность) и масса 1000 зерен [9].

Величина урожайности на 50 % зависит от плотности продуктивного стеблестоя, на 25 % – от числа зерен в колосе и на 25 % – от массы 1000 зерен [10].

Основным фактором, регулирующим густоту стеблестоя зерновых культур, является норма высева семян. Оказывает влияние на структуру и конечную урожайность зерновых культур и применение азотных удобрений. Применение азотных удобрений способствует существенному увеличению количества продуктивных стеблей. Увеличение массы колосьев может происходить и при применении регуляторов роста.

В удобряемых вариантах, по сравнению с неудобренным контролем, возросло количество растений, стеблей и стеблей с колосом, а также общая и продуктивная кустистость, длина колоса, среднее число зерен в колосе (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений и регуляторов роста на структуру урожайности пивоваренного ячменя, среднее 2011–2013 гг.

Вариант опыта	Количество шт./1 м^2			Коэффициент		Длина колоса, см	Среднее число зерен в колосе, шт.
	растений	стеблей	стеблей с колосом	общей кустистости	продуктивной кустистости		
1. Без удобрений	305	417	372	1,30	1,17	6,2	19
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	332	459	433	1,38	1,32	6,5	19
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	351	502	446	1,39	1,25	6,3	20
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$	357	535	441	1,51	1,27	7,0	22
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ (АФК форма 10–19–25)	373	594	496	1,60	1,33	7,0	21
6. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Экосил в фазу нач. вых. в трубку	361	558	451	1,56	1,26	6,3	19
7. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}КАС в фазу нач. вых. в трубку	371	585	469	1,58	1,34	7,2	21
8. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в нач. фазу вых. в трубку	377	613	525	1,63	1,39	7,0	21
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосил в фазу нач. вых. в трубку	389	611	537	1,57	1,38	6,8	22
10. $N_{60}P_{70}K_{90}$+N_{30} карбамид + МикроСтим–Медь Л в фазу нач. вых. в трубку	381	612	533	1,61	1,40	6,8	20
11. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + Эколист 3	390	612	536	1,57	1,37	7,0	22
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + Фитовитал в фазу нач. вых. в трубку	401	607	522	1,53	1,31	7,0	21

Окончание табл. 2

Вариант опыта	Количество шт./м^2			Коэффициент		Длина колоса, см	Среднее число зерен в колосе, шт.
	растений	стеблей	стеблей с колосом	общей кустистости	продуктивной кустистости		
13. $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + МикроСтим–Медь Л	394	621	538	1,58	1,36	6,9	21
14. $N_{16}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	357	620	509	1,62	1,42	6,3	20
$НСР_{05}$							

Наиболее существенное влияние на увеличение продуктивности стеблестоя, от которого в наибольшей степени зависит урожайность зерна, оказали азотные удобрения. В вариантах с повышенными дозами азотных удобрений этот показатель был выше. Возрастание данного показателя в некоторой степени наблюдалось при применении микроэлементов и комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста растений. Больше всего продуктивных стеблей было в вариантах, где на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид применялось жидкое комплексное удобрение Эколист 3 (536 шт./м^2) и комплексный препарат МикроСтим–Медь Л (533 стебля на м^2). Достаточно высоким этот показатель был в вариантах с внесением $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосилом (537 шт./м^2) и $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид + МикроСтим–Медь Л (538 шт./м^2). Эти варианты опыта отличались и более высокой урожайностью.

Среднее число зерен в колосе несколько больше было в удобряемых вариантах. Однако в вариантах с микроэлементами, регуляторами роста и комплексными препаратами на основе микроэлементов и регуляторов роста число зерен в колосе варьировало в незначительных пределах.

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, масса 1000 зерен в вариантах с применением макро- и микроудобрений и регуляторов роста варьировала в незначительных пределах (табл. 3).

Таблица 3

Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста и бактериального препарата на массу 1000 зерен и содержание сырого белка в зерне ячменя

Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г				Сырой белок, %		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее за 3 года	2011 г.	2012 г.	2013 г.
1. Без удобрений	56,2	54,8	53,1	54,7	7,8	9,5	9,8
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	57,4	54,7	54,7	55,6	8,1	9,4	9,1
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	58,2	56,2	53,7	56,0	8,0	9,9	9,9
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$	57,6	56,4	55,7	56,6 (55,0*)	10,0	10,8	10,5
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + (АФК форма 10–19–25 с Cu и Mn)	–	55,6	54,3	55,0*		9,7	11,6
6. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Экосил в фазу нач. вых. в трубку	57,5	54,9	56,1	56,2	8,3	10,3	12,0

Окончание табл. 3

Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г				Сырой белок, %		
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	среднее за 3 года	2011 г.	2012 г.	2013 г.
7. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}КАС в фазу нач. вых. в трубку	57,2	55,8	54,8	55,9	8,7	9,9	11,1
8. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в нач. фазу вых. в трубку	57,9	56,4	55,4	56,6	8,5	11,1	12,3
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосил в фазу нач. вых. в трубку	58,0	55,8	54,6	56,1	10,3	9,9	11,3
10. $N_{60}P_{70}K_{90}$+ N_{30}карбамид + МикроСтим–Медь в фазу нач. вых. в трубку	58,6	55,9	55,9	56,8	10,7	10,3	12,0
11. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + Эколист 3	57,9	54,0	54,2	55,4	10,0	9,8	11,6
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + Фитовитал в фазу нач. вых. в трубку	58,1	55,7	54,4	56,1	10,3	9,4	13,2
13. $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + МикроСтим–Медь Л	58,2	55,2	56,3	56,6	10,2	9,4	13,3
14. $N_{16}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	57,8	55,8	55,4	56,3	8,6	9,1	11,4
$НСР_{05}$	0,5	0,4	1,1	0,4	0,7	0,6	0,3

* 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, с внесением небольших доз азота ($N_{16}P_{60}K_{90}$) и инокуляцией семян ячменя препаратом Ризобактерин. Наибольшее накопление сырого белка в зерне было при применении комплексного препарата МикроСтим–Медь 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. 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 %) он достигал 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}.

Таким образом, сорт Бровар даже при дозах N_{90} и N_{120} при применении микроэлемента меди в комплексе с регулятором роста не накапливал чрезмерно большого количества сырого белка в зерне в двух годах из трех лет проведения опытов.

В таблице 4 приведена натура зерна пивоваренного ячменя. Натура – это масса 1 л зерна, выраженная в граммах. Натура характеризует выполненность и плотность зерновки, ее технологические свойства. Зерно с большой натурой хорошо развито, выполнено, содержит большее количество эндосперма и меньше оболочек. Чем выше натура, тем больше его масса в единице объема. Натура зерна ячменя составляет обычно 580–700 г/дм^3.

Таблица 4

Натура пивоваренного ячменя в зависимости от применяемых систем удобрения, 2011–2013 гг., г/дм³

Вариант опыта	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее
1. Без удобрений	620	628	623	624
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	630	638	630	633
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	625	628	640	631
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$	613	643	643	633
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ (АФК форма 10–19–25 с Cu и Mn)	640	653	657	650
6. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Экосил в фазу нач. вых. в трубку	650	653	658	654
7. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}КАС в фазу нач. вых. в трубку	653	663	652	656
8. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в нач. фазу вых. в трубку	650	645	657	651
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосил в фазу нач. вых. в трубку	673	680	665	673
10. $N_{60}P_{60}K_{90}$+N_{30}карбамид + МикроСтим–Медь Л в фазу нач. вых. в трубку	668	670	651	663
11. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + Эколист 3	655	665	652	657
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + Фитовитал в фазу нач. вых. в трубку	668	688	646	667
13. $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + МикроСтим–Медь Л	645	665	650	653
14. $N_{16}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	648	658	647	651
$НСР_{05}$	19,4	21,6	18,6	11,5

Натура зерна ячменя в вариантах опыта колебалась в среднем за 2011–2013 гг. в пределах 624–673 г/дм³. Несколько ниже она была в варианте без удобрений и при внесении невысоких доз азотных удобрений. Выше она была в вариантах с применением Фитовитал и МикроСтим–Медь Л на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид.

Согласно проведенным исследованиям в 2011–2013 гг. установлено, что зерно пивоваренного ячменя Бровар отвечает всем требованиям ГОСТ 5060–86 и относится ко второму классу качества зерна поставляемого для пивоварения (табл. 5).

Наиболее эффективным вариантом из изучаемых систем удобрения был вариант с применением $N_{60}P_{60}K_{90}$+ N_{30} МикроСтим–Медь Л в фазу начала выхода в трубку, где была получена максимальная урожайность, содержание сырого белка в зерне не превышало по годам исследований 12 % и зерно в этом варианте относится по комплексу показателей ко второму классу качества зерна поставляемого для пивоварения.

Нами был рассчитан вынос элементов питания пивоваренным ячменем. Хозяйственный вынос элементов питания был ниже в варианте без внесения удобрений. Под их влиянием он значительно возрастал и достигал максимума в вариантах с повышенными дозами минеральных удобрений, где была более высокая урожайность ячменя. По азоту и фосфору он был более высоким в вариантах с применением комплексных препаратов МикроСтим–Медь Л и Фитовитал 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. 6).

Таблица 5

Влияние минеральных, бактериальных удобрений и регуляторов роста на качество урожая пивоваренного ячменя (среднее за 2011–2013 гг.)

Вариант	Цвет	Запах	Состояние	Влажность, %	Сырой белок, %	Сорная примесь, %	Зерновая примесь, %	Мелкие зерна, %	Крупность, %	Способность прорастания, %	Жизнеспособность, %	Зараженность вредителями хлебных злаков
1. Без удобрений	Светло-желтый	Свойственный нормальному зерну ячменя (без затхлого, солодового плесневого и посторонних запахов)	Здоровый, негреющийся	14,2	9,0	1,5	3,3	6,1	72	98	94	нет
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	Светло-желтый			14,0	8,9	1,5	3,0	6,2	72	99	95	
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	Светло-желтый			14,3	9,3 9,6*	1,5	3,2	6,3	72	98	96	
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$	Серовато-желтый			14,2	10,4 10,7*	1,5	3,3	6,1	72	98	95	
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ (АФК форма 10–19–25) с Cu и Mn	Светло-желтый			14,2	7,1	1,5	3,2	6,3	73	97	97	
6. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Экосил в фазу нач. вых. в трубку	Серовато-желтый			14,2	10,2	1,5	3,3	6,3	72	98	96	
7. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС в фазу нач. вых. в трубку	Серовато-желтый			14,3	9,9	1,4	3,2	6,2	72	97	96	
8. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку	Серовато-желтый			14,0	10,6	1,5	3,2	6,3	73	99	96	
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосил	Светло-желтый			14,0	10,5	1,5	3,3	6,3	73	98	95	
10. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + МикроСтим–Медь Л	Серовато-желтый			14,3	11,0	1,4	3,2	6,1	72	98	95	
11. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + Эколист З	Светло-желтый			14,3	10,5	1,4	3,2	6,4	73	98	96	
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + Фитовитал в фазу нач. вых. в трубку	Светло-желтый			14,7	11,0	1,5	3,2	6,3	72	98	96	
13. $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + МикроСтим–Медь Л	Светло-желтый			14,2	11,0	1,5	3,0	6,1	72	98	94	
14. $N_{16}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	Светло-желтый			14,2	9,7	1,5	3,2	6,3	72	99	96	

Таблица 6

Влияние систем удобрения на вынос элементов питания пивоваренным ячменем (среднее за 2011–2013 гг.)

Вариант	Хозяйственный вынос элементов питания, кг/га			Вынос на 10 ц основной продукции с учетом побочной		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1. Без удобрений	45,75	25,84	60,53	16,46	9,29	21,77
2.$N_{16}P_{60}K_{90}$;	52,24	28,54	80,53	16,58	9,06	25,57
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	74,03	37,25	113,04	18,51	9,31	28,26
4.$N_{90}P_{60}K_{90}$	96,61	45,54	129,60	21,66	10,21	29,10
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + (АФК форма 10–19–25 для пивоваренного ячменя)	106,63	47,77	157,48	21,24	9,52	31,37
6. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Экосил в фазу нач. вых. в трубку	93,14	47,14	131,77	19,69	9,97	27,86
7. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30}КАС в фазу нач. вых. в трубку	89,87	48,45	156,60	19,79	10,67	33,60
8. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в нач. фазу вых. в трубку	113,40	50,62	154,74	23,87	10,66	32,58
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} КАС с Экосил в фазу нач. вых. в трубку	101,11	51,52	152,45	20,72	10,55	31,24
10. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + МикроСтим–Медь Л в фазу нач. вых. в трубку	115,19	53,11	163,80	20,87	9,62	29,67
11. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + Эколист 3	104,43	53,85	155,46	21,53	11,10	32,05
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид + Фитовитал в фазу нач. вых. в трубку	112,96	55,66	143,06	21,39	10,54	27,09
13. $N_{90}P_{80}K_{130}$ + N_{30} карбамид в фазу нач. вых. в трубку + МикроСтим–Медь Л	120,98	55,12	161,20	22,32	10,17	29,74
14. $N_{16}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	72,51	41,63	123,41	20,37	11,69	34,66

Более стабильным был вынос элементов питания на 10 ц основной продукции с учетом побочной. В большинстве случаев применение удобрений способствовало по сравнению с неудобренным контролем возрастанию выноса элементов питания и прежде всего, азота и калия, в меньшей мере фосфора.

Вынос азота и фосфора ячменем на 10 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции в удобряемых вариантах колебался в незначительных пределах. В большей мере в этих вариантах изменялся вынос калия.

ВЫВОДЫ

1. Применение комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста Фитовитал и МикроСтим–Медь Л было очень эффективным и повышало урожайность зерна пивоваренного ячменя на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} карбамид в среднем за 2011–2013 гг. на 5,3 и 7,7 ц/га.

2. Комплексное удобрение с медью и марганцем для пивоваренного ячменя повышало урожайность зерна ячменя в среднем за 2012–2013 гг. по сравнению с вариантом с внесением карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия в эквивалентных дозах ($N_{60}P_{60}K_{90}$) на 7,0 ц/га.

3. Регулятор роста экосил повышал урожайность зерна ячменя на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ на 2,7 ц/га и на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} – 3,4 ц/га, а бактериальный препарат Ризобактерин на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ – на 4,1 ц/га.

4. Наиболее эффективным вариантом системы удобрения для пивоваренного ячменя был вариант с применением $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} и МикроСтим–Медь Л в фазе начало выхода в трубку, где была получена в среднем за 3 года максимальная урожайность зерна (55,2 ц/га), содержание сырого белка не превышало по годам исследований 12 % и зерно в этом варианте по комплексу показателей относится ко второму классу качества зерна поставляемого для пивоварения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. *Анспок, П.И.* Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л., 1990. – 272 с.

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

4. *Фатеев, А.И.* Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – Харьков, 2005. – 134 с.

5. *Саскевич, П.А.* Применение регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / П.А. Саскевич, В. Р. Кажарский, С.Н. Козлов. – Горки, 2009. – 296 с.

6. *Пономаренко, С.П.* Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина / С.П. Пономаренко. – Киев, 1999. – 272 с.

7. *Барашкова, Е.Н.* Эффективность применения новых форм микроудобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Е.Н. Барашкова, М.В. Рак, Г.М. Сафроновская // Почва, удобрение, урожай: матер. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Иванова С.Н. и 90-летию со дня рожд. Кулаковской Т.Н. – Минск, 2009. – С. 133–134.

8. *Суховицкая, Л.А.* Биологический азот: итоги и перспективы развития исследований в Институте микробиологии НАН Беларуси. Проблемы питания растений и использования удобрений в современных условиях: матер. междунар. научно-практич. конфер. Белорусский НИИ земледелия и кормов. – Жодино, 2000. – С. 505–511.

9. *Савицкий, М.С.* Структура урожая зерновых культур: учеб. пособие / М.С. Савицкий, М.Е. Николаев. – Горки: БГСХА. – 1976. – 20 с.

10. *Косарева, К.А.* Формирование высоких продуктивных посевов зерновых колосовых культур: обзорн. информ. / К.А. Косарева / Всесоюзн. научно-исследов. ин-т эконом. информ. – М., 1986. – 55 с.

INFLUENCE OF MACRO- AND MICROELEMENTS, GROWTH REGULATORS AND BACTERIAL PREPARATION RIZOBAKTERIN ON YIELD AND GUALITY OF MALTING BARLEY GRAIN

I.R. Vildflush, O.I. Mishura, I.V. Glatankova

Summary

Non – root additional feeding with micro – fertilizers Fitovital and Microstim Cu on the background of $N_{60}P_{60}K_{90} + N_{30}$ increased the yield of grain of malting barley by 0,53 t/ha and 0,77 t/ha.

Поступила 6.11.14

УДК [631.81.095.337+631.811.98]:633.13

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВСА

И.Р. Вильдфлуш, О.В. Мурзова

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей зернофуражной культурой является – овес, по сумме посевных площадей занимает пятое место в мире после пшеницы, риса, кукурузы и ячменя. На пищевые цели используется 11,3 % зерна овса, 77,9 % – на кормление животным. 1кг зерна приравнивается по ГОСТ к 1 кормовой единице. В 1950 г. культура размещалась лишь на 132,9 тыс. га, что составляет 73 % от овсяного клина предыдущего года, в 2013 г. – 142,8 тыс. га, а площади на 2014 и планируемые посевные площади на 2015 г. составляет по 119 тыс. га.

Наряду с макроэлементами, для получения высоких и стабильных урожаев яровых зерновых культур большое значение имеют микроэлементы, которые потребляются растениями в малых количествах, но играют важную роль в их жизнедеятельности. Содержание их в растении исчисляется сотыми и тысячными долями процента, но при этом каждый из элементов выполняет определенные физиологические функции в организме и дефицит какого-нибудь из них приводит к прекращению роста, заболеванию, а при резком голодании – и к гибели растений [1].

Высокая стоимость микроудобрений вызывает необходимость разработки рациональных способов их применения. Поэтому, перспективным направлением при применении микроудобрений является использование многокомпонентных, а также комплексонатов (хелатов), где содержится в биологически активной форме целый ряд необходимых растениям микроэлементов (Zn, Cu, B, Mo, Co, Mn). Прак-

тика показала, что минеральные соли микроэлементов по своей эффективности уступают хелатным соединениям микроэлементов. Установлено, что комплексонаты (хелаты) микроэлементов в дозах в 2–10 раз меньших, чем минеральные соли (в эквиваленте по микроэлементам) обеспечивают равные прибавки урожаев основных сельскохозяйственных культур [2].

Следует учитывать также и то, что новые высокопродуктивные сорта имеют интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая и микроэлементы [3].

Управление ростом и развитием растений при помощи регуляторов роста приобретает актуальное значение в связи с тем, что позволяет существенно повысить стрессоустойчивость растений при неблагоприятных условиях и увеличить урожайность при минимальных затратах труда и средств [5, 6, 7].

Большой интерес представляет использование комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста, полученных в последнее время, и эффективность которых слабо изучена при возделывании овса. Имеются данные, что регуляторы роста повышают эффективность использования минеральных удобрений и, прежде всего азотных, под зерновые и другие сельскохозяйственные культуры и их применение равноценно действию 30 кг/га азота [4, 5].

Применение микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста, комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста позволит оптимизировать питание растений овса и разработать высокоэффективную систему удобрения, обеспечивающих высокую устойчивую продуктивность, уменьшить действие неблагоприятных метеорологических условий на формирование урожая этой культуры.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель исследований – изучение влияния микроудобрений Адоб Cu, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста МикроСтим–Медь и водорастворимого комплексного удобрения Нутривант плюс, регулятора роста Экосил на продукционные процессы, урожайность и агрономическую эффективность при возделывании овса.

Исследования проводились на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемым с глубины около 1м моренным суглинком с пленчатым сортом овса Запавет.

Общая площадь делянки – 21 м^2, учетная – 16,5 м^2, повторность – 4-кратная. Норма высева семян у овса – 5,0 миллионов всхожих семян на гектар.

Протравливание семян овса проводилось препаратом Кинто дуо 2,5 л/т семян. В опытах применяли карбамид (46 % N), аммофос – (12 % N, 52 %P_2O_5) и хлористый калий – (60 % K_2O).

В фазе начала выхода в трубку применяли 0,8 л/га Адоб Cu (жидкий концентрат удобрения, содержащий 6,43 % меди в хелатной форме, 9 % – азота и 3 % – магния), а также комплексный препарат на основе микроэлементов и регуляторов роста в дозе 1 л/га МикроСтим–Медь (медь – 78,0 г/л, азот – 65,0 г/л, гуминовые вещества – 0,6–5,0 мг/л). Расход рабочего раствора 200 л/га.

Для некорневой подкормки в фазу кущения и выхода в трубку на посевах овса применялось водорастворимое комплексное удобрение Нутривант плюс (N –

6 %, P_2O_5 – 23 %,K_2O – 35 %,MgO – 1 %, B – 0,1 %, Zn – 0,2%, Cu – 0,25 %, Fe – 0,05 %, Mo – 0,002 % и фертивант (прилипатель)) в дозе по 2 кг/га. Регулятор роста Экосил применяли в дозе 75 мл/га в фазе начала выхода в трубку.

Подкормка овса проводилась карбамидом в фазе начала выхода в трубку.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Высота растений овса в фазу кущения возрастала в удобряемых вариантах по сравнению с неудобренным контролем (табл.1).

Таблица 1

Динамика роста растений овса в зависимости от применяемых систем удобрения

Вариант опыта	Высота растений, см											
	Кущение			Выход в трубку			Выметывание			Молочно-восковая спелость		
	2013 г.	2014 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее
1. Без удобрений	26	25	25,5	31	32	31,5	57	58	57,5	73	74	73,5
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	29	29	29,0	37	38	37,5	62	62	62,0	81	80	80,5
3. N_{60} P_{60} K_{90}	32	30	31,0	40	40	40,0	63	64	63,5	83	84	83,5
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ фон 1	35	34	34,5	44	42	43,0	65	66	65,5	89	88	88,5
5. N_{60} P_{60} K_{90} + $N_{30\ мочев}$ в фазу начала выхода в тр убку фон 2	34	33	33,5	44	43	43,5	71	70	70,5	91	91	91,0
6. Фон 1 + Экосил в фазу начала выхода в трубку 75 мл/га	36	35	35,5	44	44	44,0	76	75	75,5	99	100	99,5
7. Фон 1 + МикроСтим–Cu в фазу начала выхода в трубку	36	35	35,5	44	43	43,5	77	75	76,0	104	105	104,5
8. Фон 1 + Адоб Cu в фазу начала выхода в трубку	35	34	34,5	43	42	42,5	74	72	73,0	106	107	106,5
9. Фон 1 + Нутривант плюс в фазу начала выхода в трубку 2 обработки	36	35	35,5	43	43	43,0	81	80	80,5	104	104	104,0
10. Фон 2 + Нутривант плюс	37	36	36,5	44	43	43,5	84	82	83,0	108	107	107,5
11. Фон 2 в фазу начала выхода в трубку + МикроСтим–Медь	38	35	37,0	43	44	43,5	84	82	83,0	104	105	104,5
12. $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\ мочев}$ в фазу начала вых. в трубку + Адоб Cu	39	38	38,5	47	45	46,0	89	90	89,5	111	109	110,0
$НСР_{05}$	1,4	1,3	1,0	1,6	1,6	1,1	3,0	2,9	2,1	3,9	3,8	2,8

Минимальная высота растений в фазу кущения в среднем за 2 года была в варианте без удобрений и составила 25,5 см, а максимальная отмечена в варианте с применением высоких доз азотных удобрений ($N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\ мочев}$) 38,5 см соответственно.

В фазы выхода в трубку, выметывание и молочно-восковой спелости у овса более высокими были растения в варианте $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\ мочев}$ в фазе начала выхода в трубку + Адоб Cu с максимальными дозами азотных удобрений (46,0, 89,5 и 110 см).

До фазы кущения варианты, где вносилось 60–90 кг азота, по накоплению биомассы существенно не различались (табл. 2). Различия более четко проявились к фазе выметывания и молочно-восковой спелости. Более интенсивное накопление биомассы у растений овса было в вариантах с повышенными дозами азотного удобрения. Наибольшая масса сухого вещества в среднем за 2 года отмечена в фазе молочно-восковой спелости в варианте $N_{80}P_{70}K_{120}$ + + $N_{40\ мочев}$ + Адоб Cu (901 г). Высокое накопление сухого вещества было в варианте $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ + МикроСтим–Медь (891 г) и в варианте $N_{60}P_{60}K_{90}$ + + $N_{30\ мочев}$ + Нутривант плюс (887 г соответственно).

Таблица 2

Влияние систем применения удобрений на динамику накопления сухого вещества растениями овса в 2013–2014 гг.

Вариант опыта	Масса 100 сухих растений, г											
	Кущение			Выход в трубку			Выметывание			Молочно-восковая спелость		
	2013 г.	2014 г..	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее
1. Без удобрений	141	140	140,5	238	240	239,0	361	367	364,0	540	543	541,5
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	132	130	131,0	298	296	297,0	433	436	434,5	630	635	632,5
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	146	147	146,5	320	322	321,0	457	460	458,5	657	656	656,5
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ фон 1	163	165	164,0	337	339	338,0	500	501	500,5	690	696	693,0
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + + $N_{30\ мочев}$ в фазу начала выхода в трубку фон 2	160	155	157,5	360	361	360,5	528	533	530,5	772	774	773,0
6. Фон 1 + Экосил в фазу начала выхода в трубку 75 мл/га	170	171	170,5	350	346	348,0	560	567	563,5	862	865	863,5
7. Фон 1 + МикроСтим-Cu в фазу начала выхода в трубку	170	172	171,0	342	344	343,0	559	560	559,5	869	871	870,0
8. Фон 1 + Адоб Cu в фазу начала выхода в трубку	171	169	170,0	340	340	340,0	573	577	575,0	870	875	872,5

Окончание табл. 2

Вариант опыта	Масса 100 сухих растений, г											
	Кущение			Выход в трубку			Выметывание			Молочно-восковая спелость		
	2013 г.	2014 г..	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	Среднее
9. Фон 1 + Нутривант плюс в фазу в фазу начала выхода в трубку 2 обработки	169	167	168,0	349	350	349,5	602	605	603,5	874	878	876,0
10. Фон 2 + Нутривант плюс	167	165	166,0	369	371	370,0	615	618	616,5	885	889	887,0
11. Фон 2 в фазу начала выхода в трубку + МикроСтим–Cu	162	160	161,0	366	366	366,0	609	612	610,5	890	892	891,0
12. $N_{80}P_{70}K_{120}$ + + $N_{40\ мочев}$ в фазу начала выхода в трубку + Адоб Cu	180	181	180,5	388	391	389,5	641	640	640,5	900	902	901,0
$НСР_{05}$	6,0	6,1	4,3	13,1	13,0	9,3	22,6	22,7	16,2	33,2	33,3	23,8

В вариантах опыта, где отмечено более высокое накопление биомассы была выше урожайность зерна овса.

Применение удобрений по сравнению с неудобренным контролем способствовало существенному повышению урожайности зерна овса.

В среднем за 2 года урожайность зерна в варианте N_{90} P_{60} K_{90} по сравнению с контролем возросла на 15,6 ц/га. Окупаемость по этому варианту опыта 1 кг NPK составила 6,5 кг зерна. В варианте опыта с дробным внесением азота ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ в подкормку) урожайность зерна по сравнению с разовым внесением была на одном уровне (табл. 3).

Обработка посевов овса регулятором роста Экосил по сравнению с фоном увеличивало урожайность зерна на 5,3 ц/га, при окупаемости 1кг NPK 8,7 кг зерна.

Применение МикроСтим–Медь и Адоб Cu в фазу начала выхода в трубку также повышало урожайность зерна на 6,0 и 5,4 ц/га соответственно по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ при окупаемости 1кг NPK 9,0 и 8,8 кг зерна. На фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ применение МикроСтим–Медь повышало урожайность на 7,0 ц/га, где окупаемость 1кг NPK составила 9,4 кг зерна соответственно.

Использование водорастворимого комплексного удобрения Нутривант плюс при двух обработках по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличило урожайность зерна у овса на 5,5 ц/га. Окупаемость 1кг NPK в этом варианте опыта составила 8,8 кг зерна. На фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ применение Нутриванта плюс увеличило урожайность зерна на 6,6 ц/га. Окупаемость 1кг NPK при этом составила 9,3 кг зерна.

Таблица 3

Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста на урожайность зерна овса

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Средняя урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Прибавка к фону, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK, кг зерна
	2013 г.	2014 г.			Фон 1	Фон 2	
1. Без удобрений	18,7	36,3	27,5	–	–	–	–
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	25,5	42,4	34,0	6,5	–	–	3,9
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	30,1	47,3	38,7	11,2	–	–	5,3
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ фон 1	32,1	54,1	43,1	15,6	–	–	6,5
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ в фазу начала выхода в трубку фон 2	33,7	54,5	44,1	16,6	–	–	6,6
6. Фон 1 + Экосил в фазу начала выхода в трубку 75 мл/га	34,9	61,8	48,4	20,9	5,3	–	8,7
7. Фон 1 + МикроСтим–Cu в фазу начала выхода в трубку	36,4	61,8	49,1	21,6	6,0	–	9,0
8. Фон 1 + Адоб Cu в фазу начала выхода в трубку	34,8	62,1	48,5	21,0	5,4	–	8,8
9. Фон 1 + Нутривант плюс в фазу начала выхода в трубку 2 обработки	36,0	61,2	48,6	21,1	5,5	–	8,8
10. Фон 2 + Нутривант плюс	36,4	65,0	50,7	23,2	–	6,6	9,3
11. Фон 2 в фазу начала выхода в трубку + МикроСтим–Медь	36,7	65,5	51,1	23,6	–	7,0	9,4
12. N_{80} P_{70} K_{120} + $N_{40\ мочев}$ в фазу начала выхода в трубку + Адоб Cu	37,0	69,7	53,4	25,9	–	–	8,3
$НСР_{05}$	2,1	2,7	1,7				

В среднем за 2 года максимальная урожайность зерна овса (50,7–53,4 ц/га) была в вариантах $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40мочев}$ + Адоб Cu, $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ + МикроСтим–Медь и $N_{60}P_{60}K_{90}$+$N_{30\ мочев}$ + Нутривант плюс.

Одним из важнейших показателей качества зерна является содержание сырого белка. Наиболее высокое содержание сырого белка в среднем за 2 года наблюдалось при обработке посевов овса Адоб Медь на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\ мочев}$, где содержание сырого белка составило 15,2 %. В этом варианте выход сырого белка (7,2 ц/га) был один из самых больших (табл. 4).

Применение удобрений по сравнению с неудобренными вариантами способствовало некоторому возрастанию массы 1000 зерен. Наибольшая масса 1000 зерен (39,6 г) была отмечена в варианте с применением Адоб Cu на фоне $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\ мочев}$. В целом, масса 1000 зерен в вариантах с применением макро- и микроудобрений, регуляторов роста варьировала в незначительных количествах (табл. 4).

Таблица 4

Влияние макро- и микроудобрений и регуляторов роста на качество зерна овса

Вариант опыта	Содержание сырого белка,%			Выход сырого белка, ц/га			Масса 1000 зерен, г		
	2013 г.	2014 г.	среднее	2013 г.	2014 г.	среднее	2013 г.	2014 г.	среднее
1. Без удобрений	9,0	9,2	10,3	1,5	2,9	2,2	27,1	35,3	31,2
2. $N_{16}P_{60}K_{90}$	10,4	10,1	11,1	2,3	3,7	3,0	28,6	37,6	33,1
3. $N_{60}P_{60}K_{90}$	10,8	12,0	11,4	2,8	4,9	3,8	29,4	40,5	35,0
4. $N_{90}P_{60}K_{90}$ фон 1	10,8	12,7	11,8	3,0	5,9	4,4	30,5	40,4	35,5
5. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ в фазу начала выхода в трубку фон 2	11,7	13,3	12,5	3,4	6,2	4,8	32,1	41,2	36,7
6. Фон 1 + Экосил в фазу начала выхода в трубку 75 мл/га	11,9	13,3	12,6	3,6	7,1	5,3	33,1	41,7	37,4
7. Фон 1 + МикроСтим–Медь в фазу начала выхода в трубку	12,0	13,9	13,0	3,8	7,4	5,6	32,3	43,4	37,9
8. Фон 1 + Адоб Cu в фазу начала выхода в трубку	12,2	14,0	13,1	3,7	7,5	5,6	32,5	43,7	38,1
9. Фон 1 + Нутривант плюс в фазу начала выхода в трубку 2 обработки	12,1	14,3	13,2	3,8	7,5	5,6	33,7	42,5	38,1
10. Фон 2 + Нутривант плюс	13,2	16,2	14,7	4,1	9,1	6,6	33,8	44,2	39,0
11. Фон 2 в фазу начала выхода в трубку + МикроСтим–Медь	12,6	15,3	14,0	4,0	8,6	6,3	32,4	44,2	38,3
12. $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\ мочев}$ в фазу начала выхода в трубку +Адоб Cu	13,7	16,7	15,2	4,4	10,0	7,2	35,1	44,0	39,6
$НСР_{05}$	0,7	0,7	0,5				1,0	1,2	0,8

ВЫВОДЫ

1. Обработка посевов овса регулятором роста Экосил на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность зерна на 5,3 ц/га.

2. Применение МикроСтим–Медь и Адоб Cu в фазу начала выхода в трубку повышала урожайность зерна на 6,0 и 5,4 ц/га соответственно по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$. На фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ применение МикроСтим–Медь увеличивала урожайность на 7,0 ц/га.

3. Использование Нутривант плюс при двух обработках по сравнению с фоновым вариантом $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличило урожайность зерна у овса на 5,5 ц/га. На фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $N_{30\ мочев}$ возрастание урожайности зерна при применении Нутриванта плюс составила 6,6 ц/га.

4. Максимальная урожайность овса (53,4 ц/га), содержание сырого белка в зерне (15,2 %) и его выход (7,2 ц/га) были в варианте $N_{80}P_{70}K_{120}$ + $N_{40\ мочев}$ + Адоб Cu.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Школьник, М.Я.* Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник – Л.: Наука, 1974. – С. 252.

2. *Лапа, В.В.* Использование жидких удобрений Адоб, Басфолиар и Солибор ДФ в посевах зерновых культур, рапса и льна / В.В. Лапа, М.В. Рак // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 37.

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

4. *Лапа, В.В.* Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: БелНИИПА, 2002. – 184 с.

5. *Пономаренко, С.П.* Регуляторы роста растений / С.П. Пономаренко. – Киев, 2003. – 319 с.

6. *Хрипач, В.А.* Брассиностероиды / В.А. Хрипач, Ф.А. Лахвич, В.Н. Жабинский. – Минск: Наука и техника, 1993. – 287с.

7. *Деева, В.П.* Роль биологически активных веществ в оптимизации питания растений / В.П. Деева, А.Н. Веденеев, Т.С. Шевцова // Проблемы питания растений и использование удобрений: материалы науч.-практ. конф. / Белорус. научно-исслед. ин-т земледелия и кормов, Жодино, октябрь 2002 г., под ред. М.А. Кадырова [и др.] – Жодино, 2000. – С. 164–166.

EFFICIENCY OF MICROFERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS IN THE OATS CULTIVATION

I.R. Vildflush, O.V. Murzova

Summary

The article presents the research material (2013–2014) for the study of the effective use of microfertilizers Adobe Copper, new complex products on the basis of micronutrients and growth regulators Microstim-Copper and water-soluble complex fertilizers Nutrivant plus, growth regulator Ecosil on sod-podzolic light loamy soil in the oats cultivation of the North-Eastern part of Belarus.

Поступила 14.11.14

УДК 631.872:631.445.2

ПОСТУПЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ С СОЛОМОЙ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТУЮ СУПЕСЧАНУЮ ПОЧВУ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ

А.П. Пехота

Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина, г. Мозырь, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в хозяйствах республики излишки соломы, неиспользуемые для нужд кормопроизводства и на подстилку животным, используют для удобрения. По данным [1] запашка в почву соломы в количествах, которые остаются в поле после уборки (2–5 т/га), не всегда приводит к повышению урожая. По мнению других авторов [2, 3] запашка соломы является эффективным агрономическим приемом, который способствует улучшению агрофизических и агрохимических свойств почвы. При заделке соломы в почву отпадает необходимость затрат по ее уборке что является одним из наиболее экономически выгодных приемов удешевления продукции. При уборке зерновых культур комбайнами с соломокопнителями затраты на уборку соломы примерно в два раза превышают затраты на уборку зерна [4].

Химический состав соломы широко изменяется в зависимости от почвенно-климатических условий, применяемой системы удобрения при возделывании культур, их видовых особенностей и других факторов. В среднем солома содержит азота 0,5 %, фосфора – 0,25 %, калия – 0,8 % и 35–40 % – углерода в форме различных органических соединений. В ней также имеется некоторое количество серы, кальция, магния и других микроэлементов. При запашке соломы в почву возвращается азота – 12–15 кг, фосфора – 7–8 кг и калия – 20–25 кг/га. Солома служит источником углерода для пополнения запасов органического вещества в почве и углекислоты для воздушного питания растений [5].

Солому желательно сначала заделать неглубоко (на 8–10 см) дискованием или лущением, а после запахать на нужную глубину. При заделке соломы в верхний слой почвы более интенсивно происходит минерализация органических соединений и уменьшается накопление токсичных веществ (в основном летучих кислот). При такой заделке соломы лучше протекают микробиологические процессы в почве, в том числе интенсивнее развиваются свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы [6].

При заделке соломы в почву необходимо добавлять минеральный азот из расчета 1 кг азота на 100 кг соломы для зерновых и 0,5 кг азота – для зернобобовых и 0,8 кг – для крестоцветных. Дополнительное внесение азотных удобрений снижает депрессивное действие соломы и повышает общую эффективность удобрений.

Однако вопрос о влиянии удобрительного действия соломы на урожайность сельскохозяйственных культур и агрохимические показатели почвы остается ма-

лоизученным. В настоящее время по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики, в хозяйствах излишки соломы, которые могут быть измельчены и запаханы в почву, составляют около 4,5 млн тонн. В связи с этим вопросы применения соломы различных культур на удобрение являются актуальными и требуют более детального проведения исследований.

Цель исследований – установить влияние систем удобрения на поступление элементов питания с соломой зерновых и зернобобовых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в РУП «Минская ОСХОС НАН Беларуси» в многофакторном стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве. Фактор с использованием соломы на удобрение состоит из 2-х вариантов: 1. Без запашки соломы. 2. Запашка соломы с добавлением компенсирующей дозы азота. Фактор применения минеральных удобрений включал два варианта: 1. Без удобрений. 2. NPK. Размещение делянок в опыте систематическое, двухярусное. Общая площадь делянки – 63 м^2, учетная – 35 м^2. Ширина разделительной полосы между культурами и вариантами 1-го фактора по 2 м.

Опыт проводился со следующим чередованием культур: 1. Яровые. 2. Зернобобовые. 3. Озимые. 4. Крестоцветные. 5. Просо. Под зернобобовые культуры вносили фосфорные и калийные удобрения в дозе $P_{60}K_{90}$, под зерновые – $N_{90}P_{60}K_{90,}$ Агротехника возделываания сельскохозяйственных культур – общепринятая для Республики Беларусь.

В течение вегетационного периода проводили наблюдения за ростом и развитием растений. Уборка и учет урожая выполнены методом сплошного учета. В зерне и соломе были определены: содержание азота – (по Къельдалю), фосфора – (ванадиево-молибдатным методом), калия – (пламеннофотометрическим). Полученные результаты обработаны методом дисперсионного и корреляционного анализа (программа STAT).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большое значение для оценки и определения качества сельскохозяйственных культур имеет содержание элементов питания в основной и побочной продукции, т.е. химический состав растений. Содержание азота в зерне озимой пшеницы было на 0,29–0,32 % выше, чем в зерне озимой ржи. Этот показатель в зерне озимой тритикале находился в пределах 1,64–1,99 %. Значительно выше было содержание азота в зерне зернобобовых культур: от 4,30–4,48 – у вики до 5,83–6,08 % – в люпине. Различий в содержании фосфора в зерне изучаемых в опыте культур не отмечалось. Установлено, что солома озимой ржи содержит азота 0,35–0,42 % и фосфора – 0,29–0,35 %, солома озимой пшеницы – азота – 0,69–0,76 % и фосфора– 0,34–0,42 %, солома озимого тритикале – 0,41–0,50 % и 0,28–0,31 % соответственно.

Вынос питательных веществ из почвы зависит от культуры, величины урожая основной и побочной продукции, ее химического состава, что обусловило различие в данном показателе по вариантам опыта. На отчуждение азота из почвы с

урожаем повлияло его различное содержание в зерне. В вариантах без запашки соломы с урожаем пшеницы этот показатель был выше на 31–41 кг/га по сравнению с озимой рожью и на 11–12 кг/га по сравнению с тритикале, в вариантах с запашкой соломы в почву эти различия были меньше (табл. 1).

Таблица 1

Вынос элементов питания с урожаем озимых зерновых культур, кг/га

Вариант опыта	Азот		Фосфор		Калий	
	без запашки соломы*	запашка соломы	без запашки соломы	запашка соломы	без запашки соломы	запашка соломы
Озимая рожь						
Без удобрений	49	45	19	20	59	10
$N_{90}P_{60}K_{90}$	84	64	32	27	71	14
Озимая пшеница						
Без удобрений	80	60	36	26	77	19
$N_{90}P_{60}K_{90}$	125	98	57	41	126	26
Озимое тритикале						
Без удобрений	69	62	35	31	75	17
$N_{90}P_{60}K_{90}$	113	101	56	44	124	29

* В варианте без запашки соломы вынос дан с учетом содержания элементов питания в соломе.

На вынос фосфора оказали влияние урожайность зерна и соломы и его содержание в продукции. Разница в выносе этого питательного вещества в зависимости от вида культуры была менее выражена по сравнению с азотом. Отчуждение калия из почвы с урожаем было выше у озимой пшеницы на 2–55 кг/га без запашки соломы и на 1–9 кг/га при запашке соломы по сравнению с озимой рожью и тритикале.

Существенно различались между собой зернобобовые культуры по выносу азота. В среднем за 2 года наибольшее отчуждение азота из почвы отмечено у люпина: 148–166 кг/га в варианте без запашки соломы и 130–138 кг/га с запашкой соломы. По сравнению с люпином вынос азота с урожаем гороха был на 77–78 кг/га ниже в варианте без запашки соломы и на 64–70 кг/га на фоне запаханной соломы. Вика по этому показателю занимает промежуточное положение (табл. 2). Аналогичная зависимость складывается и по выносу фосфора. Вынос калия в большей мере определялся величиной урожая. Более высоким его отчуждение было отмечено также у люпина. В варианте без запашки соломы этот показатель превышал на 7–28 кг/га вынос с урожаем гороха и вики, при заделке соломы в почву отчуждение калия для зернобобовых культур составило 27–43 кг/га.

В таблице 3 представлен суммарный вынос элементов питания из почвы с урожаем зерновых и зернобобовых культур за 3 года. Тенденция по отчуждению питательных веществ с урожаем в зависимости от биологических особенностей изучаемых в опыте культур сохранилась. Более высокий вынос азота получен при возделывании культур в звене севооборота ячмень + люпин + озимая рожь. В варианте без запашки соломы суммарный вынос азота составил 236–302 кг/га, с запашкой соломы – 209–241 кг/га.

Таблица 2

Вынос элементов питания с урожаем зернобобовых культур, кг/га

Вариант опыта	Азот		Фосфор		Калий	
	без запашки соломы*	запашка соломы	без запашки соломы	запашка соломы	без запашки соломы	запашка соломы
Люпин						
Без удобрений	148	130	38	29	80	38
$P_{60}K_{90}$	166	138	46	32	93	43
Горох						
Без удобрений	71	60	24	17	58	27
$P_{60}K_{90}$	88	74	30	24	75	32
Вика						
Без удобрений	88	75	30	22	62	32
$P_{60}K_{90}$	113	96	39	28	86	42

* В варианте без запашки соломы вынос дан с учетом содержания элементов питания в соломе.

В звене севооборота яровая пшеница + горох + озимая пшеница и яровое тритикале + вика + озимое тритикале показатели выноса азота были близкими между собой. Различий в суммарном выносе фосфора с урожаем зерновых и зернобобовых культур не выявлено. Наиболее высокий суммарный вынос калия получен в звене севооборота яровая пшеница + горох + озимая пшеница, где при отчуждении побочной продукции с поля данный показатель находился на уровне 205–303 кг/га, при запашке соломы – на уровне 80–104 кг/га.

Таблица 3

Вынос элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур, кг/га

Вариант опыта	Азот		Фосфор		Калий	
	без запашки соломы*	запашка соломы	без запашки соломы	запашка соломы	без запашки соломы	запашка соломы
Ячмень + люпин + озимая рожь						
Без удобрений	236	209	85	64	189	72
$N_{90}P_{60}K_{90}$	302	241	111	76	236	84
Яровая пшеница + горох + озимая пшеница						
Без удобрений	211	167	86	65	205	80
$N_{90}P_{60}K_{90}$	300	235	135	95	303	104
Яровое тритикале + вика + озимое тритикале						
Без удобрений	198	171	90	71	187	75
$N_{90}P_{60}K_{90}$	290	251	139	97	283	107

* В варианте без запашки соломы вынос дан с учетом содержания элементов питания в соломе.

Солома является одним из дополнительных источников пополнения почвы органическим веществом. При запашке 31,2–60,7 ц/га озимой соломы в почву поступает 25,2–49,7 ц/га органического вещества. Количество возврата элементов питания с соломой в почву зависит от культуры, химического состава соломы, уровня минерального питания. Так, с соломой озимой пшеницы в почву поступило

на 14–18 кг/га азота и 1–5 кг/га фосфора больше, чем с соломой озимых ржи и тритикале. Возврат калия в почву с соломой пшеницы без внесения минеральных удобрений был на 2–10 кг/га выше по сравнению с рожью и тритикале. При внесении полного минерального удобрения возврат калия в почву с соломой тритикале превысил аналогичные данные у ржи и пшеницы на 1–25 кг/га.

В среднем за 2 года у зернобобовых в почву наибольшее количество азота поступило с соломой люпина – 20–26 кг/га, что на 6–8 кг/га больше, чем у гороха и вики. Возврат калия в почву с соломой люпина также характеризовался максимальной величиной и составил 44–52 кг/га, что выше на 8–12 кг по сравнению с горохом и викой. Возврат в почву фосфора с соломой всех зернобобовых был на одном уровне.

В итоге за 3 года с соломой зерновых и зернобобовых культур в почву поступило 63,3–96,3 ц/га органического вещества. В зависимости от изучаемых в опыте культур возврат азота составил 35–59 кг/га, фосфора – 28–44 кг/га, калия – 113–195 кг/га (табл. 4).

Таблица 4

Поступление в почву органического вещества и элементов питания с соломой сельскохозяйственных культур

Вариант опыта	ц/га			кг/га		
	солома	сухое вещество	органическое вещество	азот	фосфор	калий
Ячмень + люпин + озимая рожь						
Без удобрений	77,6	66,9	63,3	39	31	125
$N_{90}P_{60}K_{90}$	100,4	87,3	82,4	58	44	180
Яровая пшеница + горох + озимая пшеница						
Без удобрений	81,9	70,1	66,1	46	28	127
$N_{90}P_{60}K_{90}$	109,5	93,0	88,1	72	44	194
Яровое тритикале + вика + озимая тритикале						
Без удобрений	79,5	69,2	66,4	35	28	113
$N_{90}P_{60}K_{90}$	117,4	100,4	96,3	59	43	195

Универсальным показателем, позволяющим сравнить и охарактеризовать различные культуры по степени поступления в почву элементов питания с соломой можно считать их возврат с 10 ц соломы. Изучаемые в опыте культуры различались по этому показателю, что было обусловлено как их биологическими особенностями, так и уровнем минерального питания. При внесении полного минерального удобрения удельное поступление элементов питания в почву с соломой было выше, чем в неудобренных вариантах (табл. 5). Исключение составили яровое тритикале, люпин и горох, где удельный возврат фосфора был равным в обоих вариантах.

Наибольшее поступление азота в опыте отмечено у люпина (7,4–8,9 кг/га), а наименьшее – у озимой ржи (2,9–3,7 кг/га). В целом, в зависимости от видового состава соломы определено, что наиболее высоким возвратом этого элемента характеризовались зернобобовые, минимальным – озимые зерновые культуры.

По удельному возврату фосфора также отмечены различия. Наиболее высоким этот показатель был у ячменя (5,7–7,0 кг/га), наименьшим – у озимого тритикале (2,4–2,6 кг/га). Зернобобовые занимали промежуточное положение.

Таблица 5

Удельный возврат элементов питания в почву с 10 ц соломы сельскохозяйственных культур, кг/га

Вариант опыта	Азот	Фосфор	Калий
Ячмень			
Без удобрений	5,2	5,7	15,5
$N_{90}P_{60}K_{90}$	6,0	7,0	17,8
Среднее	5,7	6,4	16,7
Яровая пшеница			
Без удобрений	4,6	3,8	13,4
$N_{90}P_{60}K_{90}$	5,8	4,5	15,9
Среднее	5,3	4,2	14,8
Яровое тритикале			
Без удобрений	3,4	4,4	10,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	4,1	4,4	15,2
Среднее	3,8	4,4	13,4
Яровые зерновые			
Без удобрений	4,4	4,5	13,2
$N_{90}P_{60}K_{90}$	5,3	5,2	16,1
Среднее	4,9	4,9	14,9
Люпин			
Без удобрений	7,4	4,4	16,3
$P_{60}K_{90}$	8,9	4,5	17,8
Среднее	8,2	4,4	17,1
Горох			
Без удобрений	6,2	4,2	17,7
$P_{60}K_{90}$	7,6	4,2	18,5
Среднее	7,0	4,2	18,1
Вика			
Без удобрений	6,9	4,5	15,8
$P_{60}K_{90}$	8,0	5,2	17,9
Среднее	7,5	4,8	17,0
Зернобобовые			
Без удобрений	6,9	4,4	16,6
$P_{60}K_{90}$	8,2	4,6	18,0
Среднее	7,6	4,5	14,4
Озимая рожь			
Без удобрений	2,9	2,6	16,3
$N_{90}P_{60}K_{90}$	3,7	3,1	18,0
Среднее	3,4	2,9	17,4
Озимая пшеница			
Без удобрений	5,9	2,8	15,7
$N_{90}P_{60}K_{90}$	6,6	3,6	18,4
Среднее	6,3	3,3	17,3
Озимое тритикале			
Без удобрений	3,4	2,4	14,2
$N_{90}P_{60}K_{90}$	4,3	2,6	16,8
Среднее	3,9	2,5	15,7
Озимые зерновые			
Без удобрений	4,1	2,6	15,3
$N_{90}P_{60}K_{90}$	4,9	3,1	17,7
Среднее	4,6	2,9	16,7

Самым высоким среди элементов питания было удельное поступление в почву калия. Связано это с особенностями калийного питания растений. Этот показатель колебался от 13,4 кг/га у ярового тритикале до 18,1 кг/га у гороха.

ВЫВОДЫ

1. С соломой озимых зерновых культур в почву запахано 25,2–49,7 ц/га органического вещества в зависимости от культуры и уровня минерального питания. В почву поступило азота 9–36 кг/га, фосфора – 8–20 кг/га, калия – 51–102 кг/га.

2. С соломой зернобобовых культур в почву возвращено 15,8–22,4 ц/га органического вещества, азота – 12–26 кг/га, фосфора – 8–13 кг/га, калия – 34–52 кг/га.

3. Возврат элементов питания в почву с 10 ц соломы яровых зерновых культур составил: азота – 4,5–5,3 кг/га, фосфора – 4,5–5,2, калия – 13,2–16,1 кг/га; с 10 ц соломы зернобобовых культур – азота – 6,9–8,2 кг/га, фосфора – 4,4–4,6, калия – 16,6–18,0 кг/га; с 10 ц соломы озимых зерновых культур – азота – 4,1–4,9 кг/га, фосфора – 2,6–3,1, калия – 15,3–17,7 кг/га

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богдевич, И.М.* Плодородие почв – основа продуктивного и устойчивого землепользования / И.М. Богдевич, В.В. Лапа // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 2. – С. 3–5.

2. *Анисимова, Т.Ю.* Эффективность соломы и баланс питательных элементов в звене севооборота с люпином / Т.Ю. Анисимова // Агрохимия. – 2002. – № 5. – С. 63–67.

3. Влияние последействия систематического применения соломы на продуктивность культур второй ротации севооборота / Г.В. Колсанов [и др.] // Агрохимия. – 2008. – № 7. – С. 31–34.

4. *Булавин, Л.А.* Об удобрении почвы соломой / Л.А. Булавин // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 7. – С. 14–16.

5. *Панников, В.Д.* Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропроомиздат, 1987. – 512 с.

6. Технология использования соломы на удобрение / Минсельхозпрод Респ. Беларусь, Бел.отд. ВАСХНИЛ, БелНИИ почвоведения и агрохимии; сост. В.А. Тикавый [и др.]. – Минск: БелНИИЭП АПК, 1992. – 17 с.

NUTRIENTS INTRODUCTION WITH THE STRAW OF CEREALS AND LEGUMES IN SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL DEPENDING ON THE FERTILIZATION SYSTEM

A.P. Pekhota

Summary

It is established that depending on the level of mineral nutrition with straw of winter crops in sod-podzolic sandy loam soil intake 25,2–49,7 kg/ha of organic matter, 9–36 kg/ha of nitrogen, 8–20 kg/ha of phosphorus and 51–102 kg/ha of potassium; straw legumes – 15,8–of 22.4 kg/ha of organic matter, 12–26 kg/ha of nitrogen, 8–13 kg/ha of phosphorus and 34–52 kg/ha of potassium.

Поступила 14.11.14

УДК 631.461:633.14/15

ВЛИЯНИЕ АКТИВНЫХ КУЛЬТУР БАЦИЛЛ НА ФОРМИРОВАНИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ И КУКУРУЗЫ НА ПЕРВЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

А.А. Цигичко,Е.И. Маклюк

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

ВВЕДЕНИЕ

Процесс перехода на органическое земледелие в Украине сегодня сопровождается определенными рисками и необходимостью решения ряда проблем. Одна из главных недопустимость снижения плодородия почв. Поэтому перед нами стоит основная задача: при отказе от использования минеральных удобрений разработать высокоэффективные агротехнологии, которые могут обеспечить получение высоких устойчивых урожае в сельскохозяйственных культур [1, 2].

В настоящее время нет сомнений в том, что почвенные микроорганизмы играют ведущую роль в биохимических превращениях веществ в наземных экосистемах (в том числе и агрофитоценозах). Деятельность человека способствует усилению их биогеохимической функции, и появляется возможность регулировать активность микроорганизмов в нужном направлении, прежде всего, для повышения доступности элементов питания растениям [3, 4].

Один из путей получения качественной и конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции в органическом земледелии, а также сохранения плодородия почв это применение микробных препаратов, т.е. искусственное обогащение почвы агрономически полезными микроорганизмами, что соответствует требованиям европейских стандартов органического производства [5, 6].

К тому же, интродукция полезных микроорганизмов в зону корней обеспечивает существенный рост биологической активности почвы. При этом в зависимости от вида микроорганизмов активизируются почвенные процессы биологической трансформации азота, фосфора, калия, что несомненно позитивно сказывается на урожайности и качестве сельскохозяйственной продукции [6]. Особенно важно чтобы эти позитивные механизмы были задействованы именно на начальных этапах онтогенеза, когда формируется морфоструктура растительного организма, что обеспечивает возможность репродукции. В этот период существует опасность повреждения растений корневыми гнилями, особенно, если всходы попадают в ситуацию переувлажнения, низкой температуры почвы, глубокой заделки семян. Чем крепче растение, тем меньше оно подвержено влиянию патогенных микроорганизмов.

Цель наших исследований – изучение влияния активных культур бацилл на формирование озимой ржи и кукурузы на первых этапах онтогенеза растений.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из путей использования существующего потенциала микробиоты и регулирования почвенно-биологических процессов может стать интродукция чистых

культур бацилл с комплексом агрономически полезных свойств. Для предпосевной инокуляции нами выбраны две чистые культуры бактерий Bacillus sp. 235 и 523, выделенные из микробиоценозов чернозема оподзоленного с органической системой земледелия. Выбор штаммов базировался на системных исследованиях всех бактериальных культур коллекции лаборатории микробиологии почв ННЦ «ИГА имени О.Н. Соколовского» по антагонистическим, ростстимулирующим и азотфиксирующим свойствам. Были отобраны наиболее активные штаммы с полифункциональными способностями ростстимуляции и антагонизма к фитопатогенам (Fuzarium oxysporum, Fuzarium culmorum, Bipolaris sorokiniana) [7–9].

Для оценки влияния исследуемых штаммов на прорастание семян озимой ржи использовали следующие показатели: всхожесть, энергию, дружность и скорость прорастания [9]. Для этого семена высевали на почвенные пластинки. В каждую чашку Петри на глубину 1 см помещали 25 семян, предварительно замоченных в воде в течение суток. В процессе проращивания семян поддерживали постоянную температуру +25 °С.

Под всхожестью понимали число семян, проросших за 7 суток, выраженное в процентах от общего количества семян, под энергией прорастания количество семян, проросших за первые 3 суток. При этом дружность прорастания определяли по формуле:

$$Д = П/А ,$$

где Д – дружность прорастания (средний процент семян, проросших за 1–е сутки прорастания), %; П – полная всхожесть, %; А – число дней прорастания; а скорость прорастания по формуле:

$$С = \frac{(а + 1) + (б + 1) + (в + 1) + (г + 1) + ...}{(а + б + в + г + ...)},$$

где С – продолжительность прорастания (средняя скорость прорастания одного семени), сутки; а – число семян, проросших за 1-е сутки; б – число семян, проросших за 2-е сутки; в – число семян, проросших за 3-и сутки; г – число семян, проросших за 4-е сутки и т.д.

О влиянии используемых бактериальных культур в ювенильный период развития растений судили по отклонению перечисленных показателей от контрольного варианта почвы (H_2O).

Схема лабораторного опыта:

Семена с/х культуры	Способы интродукции бактериальных культур в почву		
Озимая рожь	предпосевная обработка семян		
	контроль	штамм 523	штамм235
	полив почвы бактериальной суспензией		
	контроль	штамм 523	штамм 235

Для проверки антагонистических способностей исследуемых штаммов 523 и 235 нами проведен биотест на семенах кукурузы, которые были заражены штаммом Fuzariumo xysporum var. orthoceras 400. Схема опыта:

Биотест на семенах кукурузы, обработанной суспензией штаммов 523 и 235

№	С/х культура	Вариант
1	Кукуруза на зерно	Контроль (H_2O)
2		предпосевная обработка семян штаммом 523
3		предпосевная обработка семян штаммом 235

Полученные в результате исследований данные статистически обработаны методом дисперсионного анализа в программе STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами проведено исследование по определению эффективности искусственного обогащения почвы агрономически полезными микроорганизмами Bacillus sp. 235 и 523. Бактериальные культуры применяли для предпосевной инокуляции семян и полива почвенных пластинок в период всходов озимой ржи.

Всхожесть и энергия прорастания – это одни из главных показателей качества семян, которые непосредственно влияют на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, что особенно важно в органической системе земледелия [8, 9]. Всхожесть семян характеризует способность образовывать нормально развитые проростки. Выделяют всхожесть семян лабораторную (при проращивании в лабораторных условиях, которые обеспечивают нормальное прорастание большинства семян анализируемой культуры) и полевую (в полевых условиях).

Средние показатели всхожести и энергии прорастания по сравнению с контролем выше на 27,6 % под действием штамма 523 и на 12,8 % штамма 235 при предпосевной инокуляции семян. При поливе по вегетирующим растениям также наблюдается рост выше указанных показателей на 17,6 % под действием штамма 523 и на 18,9 % штамма 235 по сравнению с контролем. Позитивное влияние исследуемых бактериальных штаммов на всхожесть и энергию прорастания можно объяснить способностью бактерий рода Bacillus продуцировать ферменты, аминокислоты, витамины и другие биологически активные метаболиты [10–12]. В результате проведенных лабораторных исследований нами установлена разница между вариантами с предпосевной инокуляцией семян и вариантом с поливом почвы.

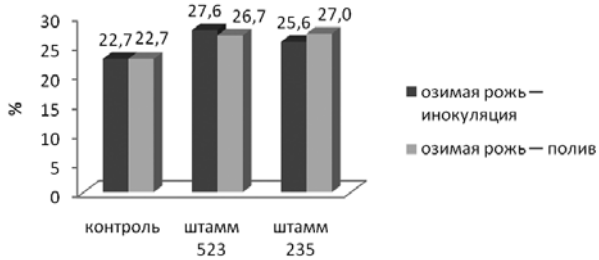


Рис. 1. Влияние бактериальных культур на всхожесть и энергию прорастания, % (средние по повторениям) $НСР_{05}$= 2,0

Для более точной дифференциальной характеристики посевного материала и влияния исследуемых штаммов нами дополнительно рассчитаны показатели скорости и дружности прорастания семян. Наблюдается позитивное влияние штаммов 235 и 523 также на скорость прорастания озимой ржи как на вариантах с поливом, так и на вариантах с обработкой семян бактериальной суспензией. Но эффективность предпосевной обработки семян значительнее, чем полива. Под действием инокуляции штаммом 523 скорость прорастания семян ржи усилилась на 19 % по сравнению с контрольным вариантом, а при поливе почвы бактериальной суспензией – на 18 %. Для штамма 235 также получены аналогичные данные: скорость прорастания инокулированных семян ржи усилилась на 18 %, а при поливе почвы – на 13 % по сравнению с контролем. Поэтому использование способа предпосевной обработки семян предпочтительнее.

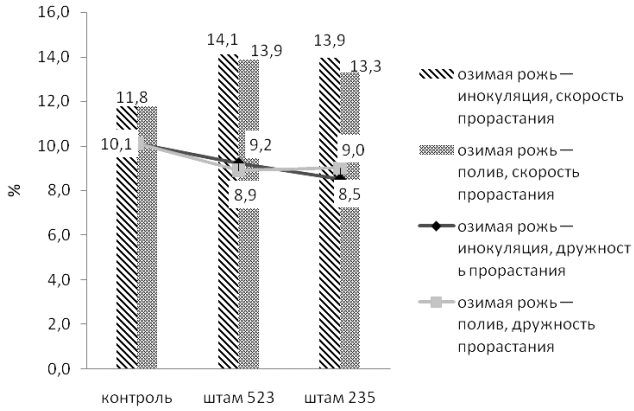


Рис. 2. Влияние штаммов бактерий на показатель дружности ($НСР_{05}$= 0,73) и скорости прорастания ($НСР_{05}$ = 0,99), % (средние по повторениям)

В то же время отмечено, что дружность прорастания на контрольном варианте выше, чем с применением бацилл. Учитывая формулу расчета этого показателя по количеству проросших семян за 1 сутки, можно предположить, что применение активных штаммов для семян в первые часы оказывает стрессовое воздействие на семена и требует адаптации. Наблюдения в последующие дни указывают все же на эффективность применения бактериальных культур, а незначительные колебания показателей при применении различных способов интродукции позволяют рассматривать полив почвы в качестве возможного агротехнологического приема для обогащения почвы агрономически полезными и активными бактериями. К тому же, усиливающиеся засушливые периоды уже в весенние месяцы не всегда способствуют реализации свойств интродуцированных бактерий при обработке семян.

При ведении органической системы земледелия, при которой запрещено применение химических средств защиты, предусматривается использование экологически безопасных методов контроля популяций вредных организмов и патогенов. Особое место в органической системе производства занимает применение

микробных препаратов на основе активных антагонистов. Проведенный опыт с зараженными семенами кукурузы показал преимущество исследуемых штаммов с антагонистическими способностями по сравнению с контрольным вариантом (рис. 3, *а*, *б*).

а) *1* – контроль; *2* – обработка штаммом 523 *б*) *1* – контроль; *2* – обработка штаммом 235

Рис. 3. а, б. Влияние предпосевной инокуляции бактериальными культурами Bacillus sp. 235 и 523 на повышение стойкости зерна кукурузы к действию фитопатогенов

Инокуляция посевного материала бактериальными штаммами заметно сдерживают развитие патогенного фактора, в нашем случае устойчивость к действию Fuzarium oxysporum var. orthoceras 400, на что указывают полученные данные. Стимулирующее действие штаммов 523 и 235 на прорастание семян кукурузы выявлено по длине корешков. Так, этот показатель на 39,25 мм был больше по сравнению с контрольным вариантом под действием штамма 523 и на 9,45 мм – при использовании штамма 235 (табл.).

Таблица

Биотест на семенах кукурузы, обработанных суспензией штаммов 523 и 235

№	С/х культура	Вариант	Количество непроросших семян	Длина корешков, мм (среднее)	Отклонение от контроля, +/–		Отклонение от контроля, %	
					семена	корешки	семена	корешки
1	Кукуруза	Контроль (H_2O)	23	51,25	–	–	–	–
2		Штамм 523	16	90,5	–7	+39,3	–30%	76,5%
3		Штамм 235	20	60,7	–3	9,4	–13%	18,4%

ВЫВОДЫ

1. Искусственное обогащение почвы селекционированными активными штаммами бацилл является эффективным и экологичным способом стимуляции роста и развития растений на первых этапах онтогенеза, при этом отмечено повышение стойкости растений к фитопатогенам, что в свою очередь имеет позитивное влияние на качество урожая.

2. При заражении семян кукурузы плесневыми грибами инокуляция штаммами Bacillus sp., стимулировала прорастание семян и сдерживала действие патогенов.

3. Незначительные различия в эффективности способов применения (предпосевная инокуляция и полив почвы) дают основания разнообразить способы интродукции микроорганизмов в почву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иутинская, Г.А.* Почвенная микробиология / Г.А. Иутинская. – К.: Аристей, 2006. – 284 с.

2. *Березовська, М.О.* Органічне виробництво, як аксіома для України / М.О. Березовська // Посібник українського хлібороба. – 2010. – 135с.

3. *Аристовская, Т.В.* Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза / Т. В. Аристовская. – М., 1984.– С. 25–40.

4. *Звягинцев, Д.Г.* Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.

5. *Гаврилюк, В.А.* Ефективність використання нових видів мікробіологічних препаратів і стимуляторів росту / В.А. Гаврилюк, Т.П. Дідковська // Вісник Харківського НАУ. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство». – 2008. – № 4. – С. 49 –54.

6. *Меленчук, Т.М.* Шляхи активізації продуктивності системи «Мікроорганізми рослини» / Т.М. Меленчук, М.К. Шерстобоев, Л.М. Татарин / XII з'їзд Товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського: Тези доповідей 25–30 травня 2009 р., Ужгород / Нац. академія наук України, М–во освіти і науки України [та ін.].; уклад Авдєєва Л.В. [та ін.]. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2009. – С. 317.

7. *Маклюк, О.І.* Роль бактерій роду Bacillus у формуванні і функціонуванні мікробних ценозів чорнозему опідзоленого: дис… на здобув. канд. біол. наук: 06.00.03 / О.І. Маклюк. – Харків, 2008.– 147 с.

8. Биологическое растениеводство: науч. пособие / О.И Зинченко [и др.]; под редакцией О.И. Зинченка. – К.: Вища школа, 1996. – 239 с.

9. Г*риценко, В.В.* Семеноведение полевых культур / В.В. Гриценко, З.М. Калошина. – М.: Колос, 1984. – 272 с.

10. *Смирнов, В.В.* Спорообразующие аэробные бактерии продуценты биологически активних веществ / В.В. Смирнов, С.Р. Резник, И.А. Василевская. – К.: Наукова думка, 1982. – 280 с.

11. *Маклюк, О.І.* Характеристика ізолятів бактерій роду Bacillus, що домінують у ризосфері культурних рослин / О.І. Маклюк // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2004. – № 65. – С. 128–132.

12. *Clark, B.L.* Evaluation of Bacillus and Pseudomonas isolates from Tennessee soil for biological control of take-all / B.L. Clark, R.B. Reeder, B.H. Ownley // Phytopathology – 1995. – Vol. 85, № 10. – P. 1191.

INFLUENCE OF ACTIVE CULTURES OF BACILLI ON THE FORMATION OF THE WINTER RYE AND MAIZE IN THE EARLY STAGES OF ONTOGENESIS

A.A. Tsygichko, E.I. Makluk

Summary

The article provides data on the application effectiveness of the pure cultures of bacteria Bacillus sp. 235 and 523 antagonistic, growth-stimulating and nitrogen-fixing

properties isolated from the microbiocenoses of chernozem podzolized with an organic cropping system. Positive impact of the strains on the growth and development of the winter rye seeds under the early phase of the ontogenesis was observed. It was determined that the inoculation of infected by fungi maize seeds, resulted in, a stimulating effect on the seed germination. Length of roots was higher by 76.5 % with using strain 523, and by 18,4 % under the effect of strain 235 compared with the control.

Поступила 09.09.14

УДК 631.86:631:452

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ И МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

О.В. Повх

Полесская опытная станция Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», г. Луцк, Украина

ВВЕДЕНИЕ

Дерново-подзолистые супесчаные почвы характеризуются однородностью минералогического состава с преобладанием кварца, вследствие чего для них характерны: значительная водопроницаемость почвенного профиля, невысокая буферная способность и бедность почвообразующих пород элементами минерального питания (в частности магнием и кальцием). Такие их характеристики, как слабая поглощающая способность по отношению к обменным катионам, неустойчивая структура почвы и, как следствие, ее склонность к заплыванию, в свою очередь обуславливают их низкую микробиологическую активность. С целью повышения плодородия этих почв и получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур рекомендуется систематическое внесение органических и минеральных удобрений [1].

Внесение традиционных видов органических удобрений в необходимом количестве представляется затруднительным ввиду недостаточно развитого в Украине животноводства (поголовье крупного рогатого скота в 2013 г. составляло лишь 4971,3 тыс. голов в сравнении с 9243 тыс. голов в 2001 г.) [2]. В связи с этим возникает необходимость вовлечения в сельскохозяйственный оборот дополнительных сырьевых ресурсов местного значения (куриный помет, сапропель, солома, торф, отходы промышленности, сидераты и др.), путем изготовления ферментированных удобрений.

Биотермическая ферментация органического сырья имеет ряд преимуществ над обычным компостированием, а именно: менее длительный период приго-

товления (7–10 дней), возможность контроля и регулирования температуры и аэрации, влажности и дисперсности смеси, регламентированное количество питательных веществ, а также соотношение между углеродом и азотом [3]. Научными исследованиями доказано, что применение ферментированных удобрений способствует повышению всхожести и энергии прорастания семян; стимулирует клубнеобразование, рост и развитие культур; повышает их иммунитет к различным заболеваниям; уменьшает содержание нитратов в плодоовощной продукции; приостанавливает поступления тяжелых металлов и радионуклидов в растения [4, 5]. Установлено, что под влиянием органических ферментированных удобрений различного компонентного состава улучшается питательный режим дерново-подзолистых почв, происходит накопление органического вещества, минерального азота, подвижного фосфора и калия, снижается кислотность почвенного раствора и повышается микробиологическая активность [6, 7, 8].

С целью уменьшения экономических расходов на применение органических и минеральных удобрений в современных условиях агропроизводства целесообразным является использование микробных препаратов, которые за счет фиксации атмосферного азота, мобилизации почвенного фосфора и активизации инокулированными растениями элементов питания позволяют снизить потребность растений в удобрениях. Таким образом, применение микробных препаратов в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур является эффективной мерой, позволяющей одновременно повысить продуктивность растений и качество их урожая, сохранить естественное плодородие почв и экологическое равновесие окружающей среды [9].

Цель наших исследований – установление влияния органического ферментированного удобрения (ОФУ) и микробного препарата Азотер на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2012–2014 гг. в полевом опыте в условиях Западного Полесья Украины на сельскохозяйственных угодьях Велимченского сельского совета Ратновского района Волынской области. Объектом исследования была дерново-подзолистая супесчаная почва со следующими агрохимическими характеристиками пахотного слоя (в среднем по вариантам): pH_{KCl} – 5,4, P_2O_5 – 96,3 мг/кг, K_2O – 74,5 мг/кг, $N\text{-}NO_3^-$ – 23,5 мг/кг, $N\text{-}NH_4^+$ – 14,6 мг/кг почвы, содержание гумуса – 1,55 %. Культура – морковь столовая сорт Гигант.

Для определения наиболее оптимальной системы удобрения моркови в схеме исследований было предусмотрено одностороннее внесение органического ферментированного удобрения (полной нормы), интегрированное его применение (половинной нормы) с препаратом Азотер и использование препарата на фоне азотных удобрений. Исходя из рекомендованной для зоны Западного Полесья Украины нормы действующего вещества азотных удобрений было внесено эквивалентное количество азота в виде органических удобрений. Нормы внесения составляли: 18 т/га перегноя и 11 т/га ферментированного удобрения. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Без удобрений (контроль); 2. $N_{100}P_{60}K_{120}$ (рекомендованная доза); 3. Перегной – 18 т/га (1,0 дозы от содержания N в варианте 2); 4. Органическое фер-

ментированное удобрение – 5,5 т/га (0,5 дозы от содержания N в варианте 2); 5. Органическое ферментированное удобрение – 5,5 т/га + Азотер; 6. Органическое ферментированное удобрение – 5,5 т/га + Азотер + N_{30}; 7. Органическое ферментированное удобрение – 11 т/га (1,0 дозы от содержания N в варианте 2); 8. Азотер + N_{30}.

Размещение участков в опыте систематическое. Общая площадь участка – 21 м^2, учетная – 9,0 м^2. Повторность вариантов – 3-кратная.

Исследуемое органическое удобрение изготовлено путем ферментации торфа и куриного помета. Химический состав ферментированного удобрения (в расчете на сухое вещество) следующий: N – 1,82%, P_2O_5 – 1,70%, K_2O – 1,06 %; перегноя – N – 1,20%, P_2O_5 – 0,82 %, K_2O – 1,24 %.

Микробиологический препарат Азотер создан на основании бактерий Azotobacter chroococcum (1,54*10^{10} КОЕ в см^3), *Azospirillium brazilense* (2,08*10^9 КОЕ в см^3), *Bacillus megatherium* (1,58*10^8 КОЕ в см^3), кроме этого в его состав входят гетероауксины, гиббереллины и витамины группы В.

Внесение препарата производили одновременно с предпосевной обработкой с последующим запахиванием в почву, норма расхода препарата составляла 10 л/га. Для активизации деятельности микроорганизмов, и поддержания роста растений в начальные периоды развития, вместе с препаратом были внесены «стартовые» дозы азота – $N_{30.}$

Минеральные удобрения в виде аммиачной селитры (N – 34,4 %), суперфосфата гранулированного (P_2O_5 – 19,0 %) и калимагнезии (K_2O – 26,0 %) вносили под основную обработку почвы.

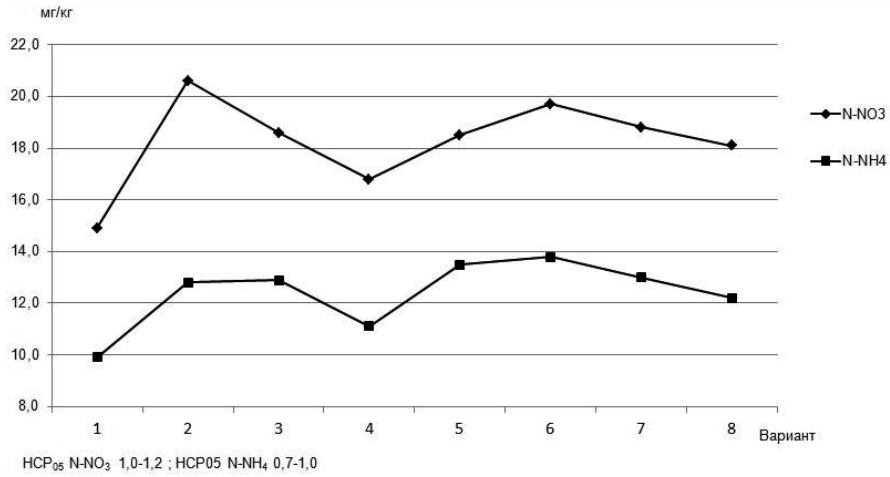
Отбор образцов почвы осуществлялся перед закладкой полевых исследований и после сбора урожая (слой 0–20 см) согласно ДСТУ ISO 11464. В почвенных образцах определяли основные агрохимические показатели по общепринятым методикам: содержание гумуса – по методу И.В. Тюрина – согласно ДСТУ 4289; содержание аммонийного и нитратного азота – согласно ДСТУ 4729; pH_{KCl} – согласно ДСТУ ISO 10390; содержание подвижных соединений фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ННЦ ИПА – согласно ДСТУ 4405.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием стандартных компьютерных программ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате наших исследований установлено, что применение органического ферментированного удобрения и микробного препарата Азотер улучшает агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы, увеличивает содержание минеральных форм азота, подвижного фосфора и обменного калия.

Из различных форм азота в почве именно аммонийная и нитратная формы оказывают решающее влияние на режим питания растений. Также запасы азота в значительной степени зависят от плодородия почвы, условий окружающей среды и значительно варьируют в результате применения удобрений. В результате исследования систем удобрения было установлено их прямое влияние на содержание минерального азота в почве (рис. 1).



Примечание. 1. Без удобрений (контроль); 2. $N_{100}P_{60}K_{120}$; 3. Перегной – 18 т/га; 4. ОФУ – 5,5 т/га; 5. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер; 6. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер + N_{30}; 7. ОФУ – 11 т/га; 8. Азотер + N_{30}.

Рис. 1. Изменение содержания минеральных форм азота под влиянием органического ферментированного удобрения и микробного препарата (слой 0–20 см, в среднем за 2012–2014 гг.)

Так, при применении половинной нормы ферментированного удобрения (5,5 т/га) в сочетании с микробным препаратом на фоне аммиачной селитры, содержание нитратного азота в пахотном составляло 19,7 мг/кг, аммонийного – 13,8 мг/кг. Это превышало значения контрольного варианта, и существенно не отличалось от значений, полученных при использовании минеральной системы удобрения.

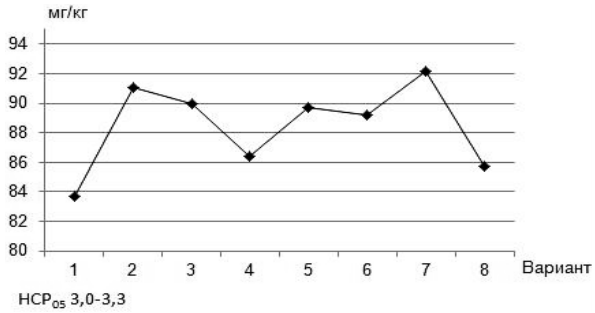
В результате использования такого агроприема, но без дополнительного внесения азотных удобрений, содержание нитратного азота составляло 18,5 мг/кг, аммонийного – 13,5 мг/кг, что превышало значения на контрольном варианте. Эффективность сочетания органического ферментированного удобрения и микробного препарата обусловлена наличием в составе последнего бактерий рода Azotobacter chroococcum, которые кроме обогащения почвы азотом из-за фиксации из атмосферного воздуха, способствуют интенсивному разложению органических веществ, ускоряя при этом его переход в аммонистную форму.

При обработке почвы препаратом Азотер с дополнительным внесением N_{30} также наблюдалось фиксируемое увеличение минеральных форм азота. Самостоятельное применение органического ферментированного удобрения (11 т/га) гарантировало увеличение $N\text{-}NH_4^-$ на 3,1 мг/кг, $N\text{-}NO_3^+$ – на 3,9 мг/кг, что несущественно отличалось от значений, полученных при внесении эквивалентной по количеству азота дозы перегноя.

Характерной особенностью фосфора является его быстрое поглощение, поэтому растения используют фосфаты не из удобрений, а из соединений, которые образовались в результате взаимодействия удобрений и почвы [10]. Как утверждает А.И. Мельник (2009), фосфатная емкость в дерново-подзолистой почве в целом невысокая, что и объясняет относительно быстрое накопление подвижных форм

этого элемента в почвенном растворе при интенсивном применении удобрений и довольно быстрое снижение его содержания в случае их отсутствия [11].

Согласно нашим исследованиям, в условиях применения полной нормы органического ферментированного удобрения содержание подвижного фосфора по сравнению с контрольным вариантом повысилось на 8,5 мг/кг (слой 0–20 см). Комплексное применение ферментированного удобрения и препарата Азотер также способствовало существенному накоплению P_2O_5 в пахотном слое почвы – показатели его содержания составляли 89,7 мг/кг, и 89,2 мг/кг в случае дополнительного внесения азотных удобрений (рис. 2). Положительное действие ферментированного удобрения на фосфотный режим почвы связано с высоким содержанием в нем фосфора (1,70 %), а также наличием в его составе активных органических кислот (особенно в торфе, который является основным компонентом). Данные органические субстанции повышают уровень биологической активности почвы и, тем самым, способствуют превращению труднорастворимых форм почвенных соединений в растворимые формы. Положительное действие микробного препарата на содержание фосфора в почве связано с тем, что один его миллилитр содержит сотни миллионов микроорганизмов Bacillus megatherium, которые способствуют увеличению подвижности соединений фосфора.



Примечание. 1. Без удобрений (контроль); 2. $N_{100}P_{60}K_{120}$; 3. Перегной – 18 т/га; 4. ОФУ – 5,5 т/га; 5. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер; 6. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер + N_{30}; 7. ОФУ – 11 т/га; 8. Азотер + N_{30}.

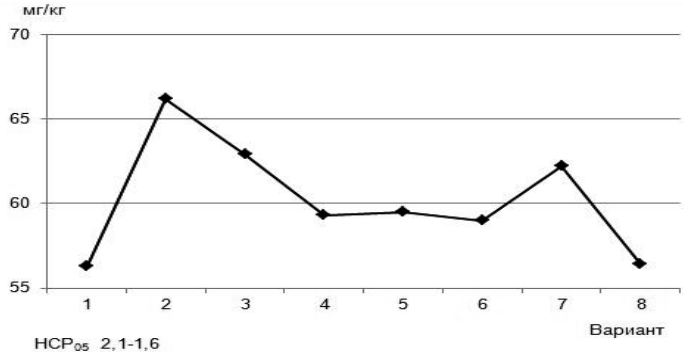
Рис. 2. Изменение содержания подвижных форм фосфора под влиянием органического ферментированного удобрения и микробного препарата (слой 0–20 см, в среднем за 2012–2014 гг.)

Установлено, что применение препарата Азотер на фоне N_{30} увеличивало содержание подвижного фосфора в почве на 2,0 мг/кг. Несмотря на тот факт, что самостоятельное применение микробного препарата не способствовало существенному накоплению фосфора в почве, происходила частичная компенсация фосфора, выносимого вместе с растениями.

Калий в дерново-подзолистых почвах выступает как элемент питания во втором (после азота), а иногда и в первом минимуме. Содержание калия в почвах определяется их гранулометрическим составом, а в окультуренных супесчаных почвах также зависит от количества вносимых удобрений [12].

Согласно нашим исследованиям самое высокое содержание калия в пахотном слое почвы (66,2 мг/кг) зафиксировано при использовании традиционной минеральной системы удобрения (рис. 3). Однако, при внесении ферментированного удобрения (11 т/га) содержание подвижного калия находилось на уровне 62,2 мг/кг,

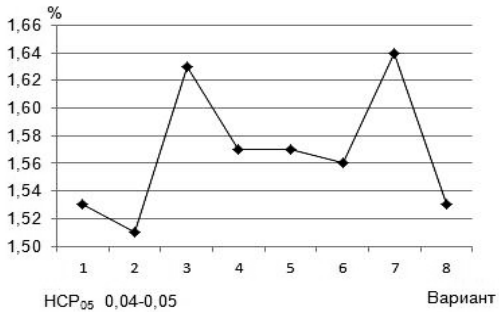
что также превышало значения, полученные на контрольном варианте. При сочетании ОФУ и препарата Азотер наблюдалось менее эффективное накопление K_2O в пахотном слое почвы. Содержание калия составляло 59,5 мг/кг и 59,0 мг/кг (при дополнительном внесении азотных удобрений), что все же существенно превышало его количество на участке без внесения удобрений. Использование препарата на фоне N_{30} не гарантировало достоверного увеличения обменного калия.



Примечание. 1. Без удобрений (контроль); 2. $N_{100}P_{60}K_{120}$; 3. Перегной – 18 т/га; 4. ОФУ – 5,5 т/га; 5. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер; 6. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер + N_{30}; 7. ОФУ – 11 т/га; 8. Азотер + N_{30}.

Рис. 3. Влияние органического ферментированного удобрения и микробного препарата на содержание подвижного калия в почве (слой 0–20 см, в среднем за 2012–2014 гг.)

Трансформация органического вещества в почве имеет четкую зависимость от системы применения удобрений. Существует мнение, что интенсивное использование земель в сельском хозяйстве сопровождается снижением содержания гумуса в почвах, а внесение органических удобрений является залогом его накопления [13]. Результатами наших исследований подтверждено положительное действие органического ферментированного удобрения на общее содержание гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве (рис. 4). При использовании 11 т/га ОФУ содержание гумуса составляло 1,64 % (слой 0-20 см), что на 0,11 % превышает вариант без применения удобрений, и на 0,01 % выше, чем при внесении перегноя.



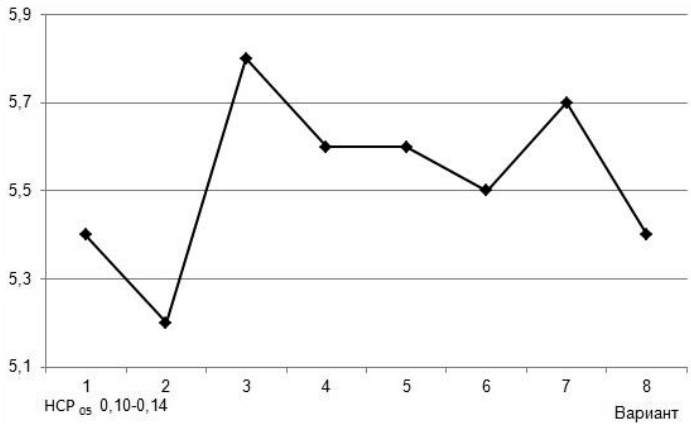
Примечание. 1. Без удобрений (контроль); 2. $N_{100}P_{60}K_{120}$; 3. Перегной – 18 т/га; 4. ОФУ – 5,5 т/г; 5. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер; 6. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер + N_{30}; 7. ОФУ – 11 т/га; 8. Азотер + N_{30}

Рис. 4. Влияние органического ферментированного удобрения и микробного препарата на содержание гумуса в почве (слой 0–20 см, в среднем за 2012–2014 гг.)

Применение половинной нормы ферментированного удобрения в комплексе с препаратом Азотер было менее эффективным, но все же способствовало увеличению содержания гумуса на 0,03–0,04 %.

Хотя эти значения и не существенно превышали вариант без внесения удобрений, можно предположить, что в случае систематического применения такого агроприема при бездефицитном балансе элементов питания можно получить положительный прогноз относительно накопления гумуса в почве. Использование минеральных удобрений вызвало снижение содержания гумуса на 0,02 %, а применение препарата Азотер вместе с азотными удобрениями не оказало заметного влияния на гумусное состояние почвы.

Весомым показателем плодородия почвы, со значительным влиянием на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных культур является реакция почвенной среды. Вследствие биохимического разложения органических остатков и внесения минеральных удобрений ее значение постоянно меняется. По результатам проведенных исследований, отмечено незначительное подкисление почвенного раствора в пахотном слое почвы при внесении минеральных удобрений (рис. 5).



Примечание. 1. Без удобрений (контроль); 2. $N_{100}P_{60}K_{120}$; 3. Перегной – 18 т/га; 4. ОФУ – 5,5 т/га; 5. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер; 6. ОФУ – 5,5 т/га + Азотер + N_{30}; 7. ОФУ – 11 т/га; 8. Азотер + N_{30}.

Рис. 5. Изменение реакции почвенного раствора под влиянием различных систем удобрения (слой 0–20 см, в среднем за 2012–2014 гг.)

Применение полной нормы ферментированного удобрения способствовало смещению реакции почвенного раствора на 0,4 единицы в сторону нейтрализации (слой 0-20 см). Существенно повысился показатель pH и при сочетании 5,5 т/га удобрения с препаратом Азотер, где его значение составляло 5,6 единиц. Положительное действие ферментированного удобрения на кислотность почвенного раствора обусловлено наличием в его составе кальция (не менее 1,8 %) и значительной части органического вещества (не менее 55 %). При обработке почвы микробным препаратом Азотер на фоне минеральных удобрений этот показатель не изменялся.

ВЫВОДЫ

Подводя итоги проведенных исследований, можно сделать вывод о положительном действии систем удобрения с применением органического ферментированного удобрения и микробного препарата Азотер на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы. Их применение способствует увеличению в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы доступных форм аммонийного азота – на 31,3–39,3 %, нитратного – на 24,2–32,2 %, подвижного фосфора – на 6,6–10,2 %, калия – на 4,8–10,4 %. Это в целом способствует оптимизации питания выращиваемой культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пузняк, О.М.* Родючість дерново-підзолистих ґрунтів Західного Полісся за довготривалого використання добрив / О.М. Пузняк, С.А. Романова // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – Кам'янець-Подільський, 2007. – Вип. 15. Т. 1. – С. 217–220.

2. Тваринництво України: статистичний збірник / відповід. за вип. О.М. Прокопенко. – К.: Державний комітет статистики України, 2013. – 26 с.

3. *Гнидюк, В.С.* Переробка органічних відходів тваринницьких комплексів і птахофабрик методом біологічної ферментації в органічні добрива нового покоління «Біопроферм» / В.С. Гнидюк // Вісник ЛНАУ : агрономія. – 2010. – № 14 (2). – С. 253–259.

4. Вплив органічного добрива Проферм на еколого-агрохімічний стан ґрунту і врожайність картоплі / В.Б. Гаврилюк [та ін.] // Агроекологічний журнал. – 2009. – № 2. – С. 58–63.

5. Гаврилюк, В.А. Продуктивність сільськогосподарських культур за використання продуктів ферментації / В.А. Гаврилюк // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2010. – Вип. 9. – С. 203–207.

6. *Засєкін Н.П.* Особливості використання ферментованих органічних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся України / Н.П. Засєкін // Наука на службі сільського господарства: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 5 березня 2013 р. – Миколаїв, 2013. – С. 136–137.

7. *Бунчак, О.М.* Органічні добрива з відходів шкіряного виробництва методом ферментації / О.М. Бунчак // Землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – К., 2009. – № 81. – С. 57–62.

8. *Абрамович, О.В.* Оцінка післядії впливу ферментованого органічного добрива на врожай та якість зерна вівса / О.В. Абрамович // Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків: збірник наукових праць. – К., 2013. – Вип. 17. – Т. 2. – С. 22–25.

9. Загальні відомості та механізми дії мікробних препаратів на продукційний процес культурних рослин / В.В. Волкогон [та ін.] // Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / за наук. ред. В.В. Волкогон. – К.: Аграр. наука, 2011. – Розд. 1. – С. 9–28.

10. Динамика фракционного состава минеральных фосфатов чернозема типичного при длительном применении удобрений / Б.С. Носко [и др.] // Агрохимия. – 2003. – № 3. – С. 27–34.

11. *Мельник, А.І.* Визначення обсягів та темпів відновлення вмісту рухомих фосфатів у дерново-підзолистих ґрунтах та чорноземах / А.І. Мельник, Н.А. Кулик // Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Х., 2009. – С. 72–76.

12. *Дацько, М.О.* Зміна показників родючості дерново-підзолистого супіщаного ґрунту за тривалого використання різних систем удобрення / М.О. Дацько // Охорона ґрунтів. Агрохімічна служба України: роль і місце в розвитку агропромислового комплексу держави: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – К., 2014. – Вип. 1. – С. 156–159.

13. *Полупан, Н.И.* Дерново-подзолистые почвы / Н.И. Полупан // Почвы Украины и повышение их плодородия. – К.: Урожай, 1998. – Т.1. – С. 128–137.

INFLUENCE OF ORGANIC AND MICROBIAL PREPARATION ON AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SANDY LOAM SOIL

O.V. Povkh

Summary

The impact of integrated and independent use of organic fertilizers and microbial preparation Azoter on agrochemical properties of sod-podzolic sandy loam soil was analyzed in the article. Increase in the content of mineral nitrogen, mobile phosphorus and potassium in the soil and also positive impact on humus and soil reaction solution under their influence were observed.

Поступила 20.10.14

УДК 631.543.8

ПРИЕМЫ ПРОДЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ГОРОДЕ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

С.С. Хмелевский

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Древесные растения, произрастая в городских условиях зачастую на загрязненных тяжелыми металлами и другими поллютантами почвах, предъявляют определенные требования к содержанию в них питательных веществ. Но эти требования часто не удовлетворяются, т.к. растения растут очень часто на бедных насыпных почвах, в условиях сильного уплотнения почвенного слоя и ограниченном его объеме (в лунках среди асфальта).

В условиях крупных городов значительное негативное влияние на состояние городских зеленых насаждений оказывает нарушение питания макро- и микроэлементами, что в городских условиях встречается достаточно часто. Причины этого – избыток или недостаток одного или нескольких элементов минерального питания в почве, что создает дисбаланс в питании растений. Как известно, любой дисбаланс элементов в почве нарушает нормальное питание растений, повышает их восприимчивость к патогенам [1–5].

Справится с последствиями загрязнения городских почв, дисбалансом в них элементов минерального питания, и соответственно, повысить жизненное состояние зеленых насаждений, возможно посредством применения средств химизации (органических и минеральных удобрений, мелиорантов, регуляторов роста растений и др.). Поэтому их применение при уходе за городскими древесными насаждениями является обязательным агрохимическим приемом, обеспечивающим повышение устойчивости древесных насаждений к экстремальным факторам городской среды [6, 7].

Известны (1995–2000 гг.) исследования российских ученых по изучению действия минеральных и органических удобрений, почвоулучшателей на рост и развитие древесных растений, на приживаемость и общее состояние новопосаженных деревьев, изменение агрохимических свойств городских почв [8, 9]. Установлено позитивное действие органического удобрения «перегноя – терракотема» на укоренение и общее состояние новопосаженных деревьев в различных типах и категориях озеленения города. Применение разных доз терракотема повышало приживаемость деревьев на 10–13 % по сравнению с контролем. При этом исследуемые деревья отличались более интенсивной зеленой окраской и более густой листвой. Выявлено также, что хвойные породы (особенно ель колючая) более отзывчивы на внесение органоминеральных удобрений с повышенным содержанием гуминовых веществ, чем лиственные породы. Отмечено увеличение среднегодичного прироста верхушечных побегов с 5 до 33 % по сравнению с контролем (вариант с использованием торфа) [9].

Установлено положительное влияние органических удобрений (компостов, жидких удобрений), например, СуперкомпостаПикса, биокомпоста Неоорганик, биогумуса (30 т/га) на рост и развитие городских зеленых насаждений. Компосты применяли при подкормке зеленых насаждений в период вегетации растений путем внесения их на поверхность приствольного круга деревьев, с последующей заделкой в почву на глубину до 10 см под деревьями и до 5 см под кустарниками. Нормы внесения биокомпоста Неоорганик – от 0,5 до 5 кг/м^{2}в зависимости от типа и возраста насаждений, Суперкомпоста Пикса – от 1,0 до 5,0 кг/м^2. Вносят их 1 раз в 2–3 года под деревья и кустарники и 1 раз в год под цветники из многолетних растений [10, 11].

Известно применение органического удобрения жидкой формы Биуд под деревья и кустарники весной и в начале лета (сразу после оттаивания почвы и до окончания цветения) после дождя или полива в предварительно взрыхленную почву. Норма внесения от 1 до 3 л/м^2 под деревья, кустарники и цветники, 0,5–1,0 л/м^2 на газонах в зависимости от типа и возраста насаждений. Периодичность внесения удобрения Биуд под молодые деревья (в первые 3–5 лет после посадки) – 2 раза в год; под деревья в возрасте старше 20–35 лет – 1 раз в 2 года; под кустарники всех возрастов – 1 раз за год. Вне-

сение вышеуказанных удобрений, способствует лучшей сбалансированности элементов питания, улучшению декоративных качеств зеленых насаждений, активизации процессов их роста и снижению токсического действия тяжелых металлов, повышению устойчивости к заболеваниям и неблагоприятным условиям окружающей среды [11].

Наряду с применением органических удобрений под растущие деревья и кустарники известно применение различных видов минеральных удобрений. Например, с целью улучшения минерального питания древесных растений в городской среде использовали АПИОН–100К – удобрение с длительным сроком действия. При его применении компенсируется дефицит основных элементов питания в почве, при этом увеличивается годичный прирост на 20–25 % по сравнению с контролем, возрастает содержание азота, фосфора, хлорофилла. Также продлевается период вегетации, стимулируется процесс цветения (липа мелколистная) [12, 13].

Положительный эффект оказывает применение микроинъекций деревьев (StemixNutrient – комплекс питательных веществ, сбалансированная подкормка для деревьев, содержащая минералы и питательные вещества для стимуляции роста листвы и корней) для улучшения состояния зеленых насаждений [14].

Для улучшения минерального питания зеленых насаждений в городских условиях находят применение биологические удобрения. Так, для улучшения питания придорожных растений фосфатами эффективно применение фосфоробактерина (споры культуры *Bacillusmegateriumvar. Phosphaticum*). Фосфоробактерин не заменяет фосфорные удобрения и не действует без них. Положительный эффект от применения фосфоробактерина не только связан с доставкой усвояемых фосфатов к растениям, но также обусловлен действием биологически активных веществ (тиамина, биотина, никотиновой и пантотеновой кислот, витамина B_{12} и др.). В улучшении фосфатного питания известно также использование гриба-фикомицета из семейства Endogonaceae образующеговезикулярно-арбускулярную микоризу (Микориза ВА), которая играет существенную роль в плодородии почвы. Практическое применение нашли также бактерии рода Azotobacter (препарат «Азотобактерин»), которые связывают атмосферный азот, продуцируют биологически активные соединения (витамины, гиббериллин, гетероауксин и др.) [15].

В городском озеленении широко используется применение биологически активных веществ, регуляторов роста растений, которые способствуют увеличению биомассы зеленых насаждений, повышают декоративность и устойчивость к болезням, вредителям и неприятным условиям произрастания. Исследования в этом направлении ведутся достаточно давно и уже имеются положительные результаты [16–18]. При внесении в корневую зону растений использовали препараты группы гуматов: гумат натрия, оксигумат, гидрогумат (из природного сырья – торфа или бурого угля), гербамин (из растительного сырья путем биоферментации лекарственных трав, содержащий азот, фосфор, калий, микроэлементы и регулятор роста гибберсиб) и симбионт-универсал (содержит продукты метаболизма грибов-эндофитов корней женьшеня, включающий комплекс аминокислот, ауксинов, ферментов и других активных веществ) и др. При их использовании усиливались процессы корнеобразования у деревьев, повышалось количество поглощенных деревьями из почвы минеральных солей и воды. Гуминовые вещества способствовали более полному поглощению CO_2 из воздуха, усиливали

окислительно-восстановительные реакции растений, стимулировали процессы синтеза в них, обеспечивали мобилизацию питательных веществ в почве, оказывали избирательное действие на гидрофильные, ионообменные и массообменные характеристики почвенных грунтов. Препараты растительного происхождения стимулировали рост корневой системы и рост биомассы деревьев и кустарников, а также способствовали адаптации растений к неблагоприятным условиям произрастания [17].

Для повышения антистрессовой устойчивости растений используют фиторегуляторы: цитокинины, абсцизовая кислота и брассиностероиды. Повышение устойчивости связано со способностью данных фитогормонов стимулировать синтез стрессовых белков. Стрессовые белки – особый механизм самозащиты организма от стрессового воздействия, присущий большому числу биологических объектов: от простейших до человека [19, 20].

В числе других антистрессовых препаратов – картолины, однако им присущи определенные недостатки. Так, наиболее распространенный из картолинов – картолин-2 способен оказывать мутагенное действие [20].

Известно применение под зеленые насаждения препаратов адаптогенного действия – кремнийорганических соединений (мивал и крезацин). Их действие связано со способностью стабилизировать клеточные мембраны, повышать устойчивость растений к стрессовым воздействиям [20].

Следует отметить, что стимуляторы роста растений оказывают положительное действие на древесные насаждения и кустарники только при наличии достаточного количества элементов минерального питания в почве. Если почва в местах произрастания обеднена элементами минерального питания, то стимуляторы роста растений необходимо вносить одновременно с растворами минеральных солей.

Наряду с применением удобрений, регуляторов роста растений, важным мероприятием по преодолению негативного воздействия на рост и развитие зеленых насаждений является применение различных видов мелиорантов. Широкое распространение в практике очистки городских почв от загрязняющих веществ получили сорбционные технологии. В качестве сорбционных материалов используются активные угли, глинистые материалы, гуминовые кислоты, цеолит, хитозан, железная руда, торф и торфонавозные компосты, которые способствуют более прочному закреплению тяжелых металлов в почве. Эти мелиоранты снижают подвижность в почве кадмия, цинка, меди и хрома в среднем на 10–20 %, уменьшают поступление в растения тяжелых металлов на 15–20 % [7, 21–24]. При внесении гумата натрия в дозе 300 мг/кг в сильно загрязненную черноземную почву снижалось содержание подвижного свинца на 40 %, кадмия на 42 % [25].

Известно также, что введение в загрязненный грунт гуминового сорбента – мелиоранта Сорбекс свыше 1 % (до 15 %) обеспечивает полную фиксацию ионов тяжелых металлов, а в количестве 1–4 % приводит к формированию структуры, близкой к структуре черноземов, т.е. блочно-монолитной, переходящей в сплошную за счет формирования коллоидами объемно-пространственной структуры частиц и компонентов осадка, увеличивает влагоемкость грунтов до 20 % [26].

Для снижения отрицательного влияния загрязняющих веществ на городскую растительность и почвы применяют и другие мероприятия, среди которых физико-химическая ремедиация почв, фиторемедиация, подбор более устойчивого ассортимента растений, использование высокой агротехники посадки и ухода за

растениями [27–33]. Действенным методом для очистки городских почв от загрязнения тяжелыми металлами является фиторемедиация, которая представляет собой экологически дружественную биотехнологию для удаления тяжелых металлов из загрязненных почв. В общем плане фиторемедиация определяется как использование живых растений для удаления, удержания или трансформации поллютантов (гипераккумуляторы, или металлофилы). Возможно добавление комплексонов для мобилизации тяжелых металлов, например ЭДТА [34]. Для повышения эффективности фиторемедиации предлагается также применять вещества, повышающие подвижность тяжелых металлов и увеличивающие скорость их поступления в растения (природный полисахарид хитозан) [29, 35, 36].Отмечена специфика детоксикационных возможностей растений и микроорганизмов (бактерии Pseudomonasaureo-facienasи др.), поскольку их совместное действие часто носит симбиотический характер [29, 37].

На солонцеватых почвах, которые встречаются в условиях городской среды, вследствие длительного и чрезмерного применения противогололедных реагентов в зимний период, положительный эффект дает промывка почв водой, а также водой с добавлением гипса (химическая мелиорация почв) [31, 38].

Использование вышеизложенных методов в городском озеленении эффективно лишь при проведении своевременных защитных мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями. Известно применение биологического (использование живых организмов или продуктов их жизнедеятельности) и химического методов защиты древесных насаждений в городских условиях от болезней, вредителей и сорняков [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа литературных данных следует, что в современных городских условиях существует проблема загрязнения почв и зеленых насаждений поллютантами (водорастворимыми соединениями натрия и хлоридов и тяжелыми металлами), которые негативно воздействуют на рост и развитие зеленых насаждений. Снижение негативного воздействия, носящего зачастую антропогенный характер, на компоненты городской среды (почвы и зеленые насаждения) и продление функционирования зеленых насаждений, возможно за счет применения различных агротехнических приемов, включающих использование органических, минеральных и бактериальных удобрений, мелиорантов, регуляторов роста растений на фоне защитных мероприятий от болезней и вредителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дабахов, М.В.* Аккумуляция биогенных элементов в почвах урбанизированных ландшафтов / М.В. Дабахов, В.И.Титова // Агрохимия. – 2004. – № 2. – С. 74–79.

2. *Ковязин, В.Ф*. Биологические основы формирования устойчивых экосистем и рационального использования почвенно-растительных ресурсов мегаполисов (на примере г. Санкт-Петербурга): автореф. дис. … д-ра биол. наук: 06.01.03 / В.Ф. Ковязин; ГНУ Агрофизич. НИИ РАСХН. – СПб., 2008. – 40 с.

3. *Ковязин, В.Ф.* Динамика агрохимических свойств почв Санкт-Петербурга / В.Ф. Ковязин // Плодородие. – 2008. – № 3. – С. 34–37.

4. *Маслова, Е.А.* Некоторые проблемы озеленения промышленных городов / Е.А. Маслова // Сб. науч. трудов. / ОАО Прима–М. – М., 2003. – Вып. 8: Экология большого города. – С. 193–196.

5. Состояние зеленых насаждений в Москве (по данным мониторинга 2004 г.): аналитический доклад / Н.А. Асиевич [и др.]; под общ.ред. Х.Г. Якубова. – М.: Стагирит–Н, 2005. – 200 с.

6. Крамер, П.Д. Минеральное питание / П.Д. Крамер, Т.Т. Козловский // Бонсай[Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: http://www.bonsai.ru/dendro/physiology10.html. – Дата доступа: 24.09.2008.

7. *Brannvall, E.* An experimental study on the use of natural zeolite for Cu, Pb and Zn immobilization in soil / E. Brannvall // Geologija. – Vilnius, 2006. – Vol. 56. – P. 1–4.

8. *Касатиков, В.А.* Влияние минеральных удобрений и осадков городских сточных вод на уровень концентрации в почве ряда микроэлементов / В.А. Касатиков [и др.] // Агрохимия. – 1997. – № 2. – С. 81–85.

9. *Кочарян, К.С.* Некоторые приемы агротехники выращивания древесных растений на улицах и магистралях / К.С. Кочарян // Сб. науч. тр. / Группа «Стагирит». – М., 2001. – Вып. 5: Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – С. 74–78.

10. *Головков, А.М.* Пути воспроизводства плодородия загрязненных и нарушенных почв с помощью нетрадиционных удобрений / А.М. Головков [и др.] // Материалы V съезда почвоведов им. В.В. Докучаева, Ростов–на–Дону, 18–23 августа 2008 г. – Ростов н/Д., 2008. – С. 429.

11. Пути повышения жизнеспособности растений в городе // Гинго [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: http:// www.ginko.ru/ docs/rules/support4_4/ html. – Дата доступа: 23.03.2006.

12. *Григорьянц, И.К.* Опыт применения АПИОНов при посадке и содержании зеленых насаждений в Москве, Подмосковье и питомниках, 2001–2005 гг. / И.К. Григорьянц [и др.] // Сб. науч. тр. / ОАО Прима–М. – М., 2005. – Вып. 11: Проблемы озеленения крупных городов. – С. 152–156.

13. *Стрепенюк, Л.П.* Результаты опытно–производственной проверки новой технологии содержания зеленых насаждений с использованием почвоулучшителя АПИОН–100К – нового удобрения с длительным сроком действия / Л.П. Стрепенюк, Л.Н. Тюсенкова // Сб. науч. трудов. / ОАО Прима–М. – М., 2005. – Вып. 11: Проблемы озеленения крупных городов. – С. 145–147.

14. *Воскобойников, В.Г.* Использование современных приемов для ухода за деревьями на магистралях Москвы / В.Г. Воскобойников [и др.] // Сб. науч. тр. / Группа “Стагирит”. – М., 2001. – Вып. 5: Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – С. 23–27.

15. *Волова, Т.Г.* Экологическая биотехнология / Т.Г. Волова. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 1997. – 144 с.

16. *Ибрагимов, Р.И.* Стимулирование роста и развития древесно-кустарниковой растительности, используемой для озеленения городских территорий / Р.И. Ибрагимов [и др.] // Сб. науч. тр. / ОАО Прима–М. – М., 2005. – Вып. 11: Проблемы озеленения крупных городов. – С. 149–152.

17. *Метелицина, Т.Н.* Технологический регламент применения биологически активных веществ в системе ухода за городскими зелеными насаждениями / Т.Н. Метелицина, Г.П. Жеребцова // Сб. науч. тр. / Прима–Пресс. – М., 1997. – Прил. к вып. 2: Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – С. 23–26.

18. *Самохвалова, В.Н.* Применение антидотов при загрязнении тяжелыми металлами системы «Почва–растение» / В.Н. Самохвалова // Екологія та ноосферологія. – 2006. – Т. 17. – № 1–2. – С. 91–98.

19. *Малеванная, Н.Н.* Полифункциональное действие Циркона на декоративные и хвойные растения / Н.Н. Малеванная // Сб. науч. тр. / ОАО Прима–М. – М., 2005. – Вып. 11: Проблемы озеленения крупных городов. – С. 172–175.

20. *Шевелуха, В.С.* Сельскохозяйственная биотехнология / В.С. Шевелуха [и др.]; под общ.ред. В.С. Шевелухи. – М.: Высшая школа, 1998. – 376 с.

21. *Азовцева, Н.А.* Возможность использования хитозана для компенсации негативного действия солевых антифризов и тяжелых металлов на экологическое состояние городских почв и растений / Н.Ф. Азовцева, В.В. Францев // Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоритические и прикладные аспекты: материалы междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 2007 г. / Санкт-Петербургский гос. ун-т; редкол.: Б.Ф.Апарин [и др.]. – СПб., 2007. – С. 390–393.

22. *Жуков, В.К.* Новые аспекты получения и применения адсорбционных материалов на основе торфа / В.К. Жуков [и др.] // Сб. науч. тр. / Природопользование. – Минск, 2002. – Вып. 8: Биосферносовместимые технологии переработки и использования твердых горючих ископаемых. – С. 167–182.

23. *Кирейчева, Л.В.* Природные сорбенты для детоксикации загрязненных почв / Л.В. Кирейчва, И.В. Глазунова // Плодородие. – 2008. – № 6 (45). – С. 44–46.

24. *Кутукова, Ю.Д.* Влияние мелиорантов на состояние тяжелых металлов в почвах и содержание их в растениях при использовании осадков сточных вод в качестве удобрений / Ю.Д. Кутукова, И.О. Плеханова // Агрохимия. – 2002. – № 12. – С. 23–26.

25. *Бокова, Т.И.* Эколого–технологические аспекты поведения тяжелых металлов в системе почва – растение – животное – продукт питания человека / Т.И. Бокова. – Новосибирск: ГНЦ СибНИПП ИП, 2004. – 206 с.

26. *Соломина, О.И.* Методы реабилитации городских земель / О.И. Соломина // Сб. науч. тр. / Группа «Стагирит». – М., 2001. – Вып. 5: Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – С. 111–117.

27. *Гаранович, И.М.* Технологические приемы в питомниководстве и зеленом строительстве Беларуси / И.М. Гаранович, И.В. Македонская. – Минск: ИООО Право и экономика, 2006. – 239 с.

28. *Злобина, М.В.* Изучение ремедиационного потенциала сельскохозяйственных, дикорастущих и декоративных растений: автореф. дис. … канд. биол. наук: 03.02.13. / М.В. Злобина; МСХА им. К.А. Тимирязева. – М., 2010. – 21 с.

29. *Скоробогатова, В.И.* Фитобиоремедиационные методы восстановления загрязненных почв / В.И. Скоробогатова [и др.] // Материалы V съезда почвоведов им. В.В. Докучаева, Ростов–на–Дону, 18–23 августа 2008 г. – Ростов н/Д., 2008. – С. 453.

30. *Терещенко, Н.Н.* Эколого-биологические факторы и механизмы ремедиации антропогенно-нарушенных почв: автореф. дис. д-ра.биол. наук: 03.00.16. /

Н.Н. Терещенко; ГНУ Сибирск. науч.-исслед. Ин-т сельск. х-ва и торфа. – Томск, 2007. – 47 с.

31. *Якубов, Х.Г.* Удаление натрия и хлоридов из почв города в целях улучшения условий роста и развития древесных растений / Х.Г. Якубов, В.С. Николаевский // Сб. науч. трудов / Группа «Стагирит». – М., 2001. – Вып. 5: Проблемы содержания зеленых насаждений в условиях Москвы. – С. 100–105.

32. *Jankaite, A.* Remediation technologies for soils contaminated with heavy metals / A. Jankaite, S. Vasarevicius // Journal of environmental engineering and landscape management. – Vilnius, 2005. – Vol. XIII, № 2. – P. 109a–113a.

33. *Werner, H.* Fachliche Pflege verbessert Zustand der Baume in der Stadt / H. Werner // Gartenbau. – 1985. – T. 39. – № 2. – S. 65–66.

34. *Курбатова, А.С.* Экология города / А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, Н.С. Касимов; под ред. А.С. Курбатовой. – М.: Научный мир, 2004. – 624 с.

35. *Водяницкий, Ю.Н.* Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Ю.Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2009. – 95 с.

36. *Кузнецов, А.Е.* Научные основы экобиотехнологии: учеб. пособие / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова. – М.: Мир, 2006. – 504 с.

37. *Новиков, И.Ф.* Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие / И.Ф. Новиков. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ФАИР–ПРЕСС, 2005. – 736 с.

38. *Марков, Ю.Г.* Социальная экология. Взаимодействие общества и природы / Ю.Г. Марков. – 2-е изд. – Новосибирск: Сибирский университет, 2004. – 544 с.

RECEPTIONS OF PROLONGATION OF FUNCTIONING OF GREEN PLANTINGS IN CITY (the literary review)

S.S. Khmelevsky

Summary

In the review of the literature are taken up questions of application of agrotechnical receptions (uses of organic and mineral fertilizers, ameliorants, growth plants regulators, etc.), directed on overcoming of negative influence of soil pollution and green plants in city conditions.

Поступила 21.11.14

ЮБИЛЕИ

НАДЗЕЯ АЛЯКСЕЯЎНА МАТУСЕВІЧ
(да 80-годдзя са дня нараджэння)

1 ліпеня 2013 г. споўнілася 80 гадоў адной са старэйшых вядомых даследчыц у галіне мінералогіі выкапневых глеб Беларусі, кандыдата біялагічных навук Надзеі Аляксеяўне Матусевіч.

Н.А. Матусевіч нарадзілася 1 ліпеня 1933 года у горадзе Давыд-Гарадок Брэсцкай вобласці.

У 1953 годзе яна скончыла сярэднюю беларускамоўную Давыдгарадоцкую школу, у тым жа годзе паступіла у Беларускі Дзяржаўны Універсітэт на біялагічны факультэт.

Н.А. Матусевіч з'яўляецца прадстаўніком таго пакалення, якое жыло, працавала, дзейнічала па аднаму з прынцыпаў Напалеона: зрабі сябе сам і пакажы на што ты здатны. Калі адзначаць жыцце і дзейнасць Надзеі Аляксеяўны з гэтых пазіцый, дык трэба сказаць, што яна сапраўды зрабіла сябе сваімі рукамі, сваім «гарбом", як людзі кажуць. Лёс наканаваў Надзеі Аляксеяўне жорсткія выпрабаванні у дзяцінстве і юнацтве. Але нягледзячы на ўсе цяжкасці, пераадольваючы цялесныя болі і душэўныя пакуты, яна паслядоўна імкнецца да пастаўленай мэты – стаць Асобай з вялікай літары. Атрымала цудоўную адукацыю, стала прафесіяналам высокай катэгорыі, паднялася на даволі высокі прыступак сацыяльна-грамадскай лесвіцы нашага грамадства.

У 1958 годзе пасля заканчэння біяфака Надзея Аляксеяўна была размеркавана на навукова-даследчую работу у інстытут Глебазнаўства (потым БелНДіГА, цяпер РУП «Інстытут глебазнаўства і аграхіміі») на пасаду малодшага навуковага супрацоўніка. Тут яна прайшла ўсе ступені кар'ернага роста ад м.н.с. да вядучага навуковага супрацоўніка.

У 1964 годзе Надзея Аляксеяўна стала суіскальніцай вучонай ступені у тым жа НДІ. У 1974 годзе яна абараніла дысертацыю на суісканне вучонай ступені кандыдата біялагічных навук на тэму: «Вяшчэственны склад і заканамернасці фарміравання некаторых выкапнёвых глеб цантральнай часткі Беларусі». Тэма дысертацыі характэрызуецца значнай працаёмкасцю і слабай распрацоўкай у навуковых адносінах. Матэрыялы Надзеі Аляксеяўны ўяўляюць сабою, гаворычы сучаснай мовай, інівацыйныя дадзеныя ў глебазнаўстве і аграхіміі. Па сутнасці – гэта дадзеныя ўзораў глеб, якія ніколі не падвергаліся антрапагенаваму уздзеян-

ню чалавека. Таму параўноўваючы дадзеныя выкапнёвых і сучасных глеб, лёгка акрэсліць ролю аграгенэза ў глебаўтварэнні.

Цудоўнай рысай характару Надзеі Аляксеяўны з'яўляецца заўседнае жаданне пашыраць свой навуковы кругагляд. Так за час працы над дысертацыяй яна добра засвоіла метады аналіза мінералагічнага складу (імерсійнага і рэнтгенаўскага) буйна- і мелкадысперсных часціц. Яна зрабіла значны унёсак ва ўкараненне спорава-пыльцавога метада ў вырашэнне праблемы паходжання верхняй больш лёгкай (элювіяльнай) часткі профіля выкапнёвых і сучасных глеб.

Факталагічны матэрыял прац Н.А. Матусевіч дазваляе нам зрабіць высновы, што: па-першае, выкапнёвыя мінеральныя глебы – гэта рэшткавыя рэчывы гіпергенавай перапрацоўкі глебаўтваральнай пароды; па-другое, параўнанне рэчавага складу выкапнёвых і сучасных глеб дазваляе выразна акрэсліваць ролю антрапагенэзу ў глебаўтварэнн; па-трэцяе, у разныя гістарычныя часы на тэрыторыі Беларусі працэсы глебаўтварэння ў якасных адносінах былі аднолькавымі; пачацвертае, дамінантнай часткай фізічнай асновы глебы з'яўляюцца розныя мінералы, якія складаюць больш за 98% яе паветрана-сухой вагі; па-пятае, галоўным фактарам, што абумоўлівае знешні абрыс профілю выкапнёвых глеб, з'яўляецца перанос рэчываў растварымых вяшчэств і гліністых мінералаў гравітацыйнай вільгаццю з верхніх гарызонтаў у ніжэйляжачыя.

Дарагая Надзея! Шчыра віншуем з шаноўным ўзростам, жадаем моцнага здароўя і плёну ва ўсім, што даруць сапраўднае чалавечае шчасце.

З павагай

У. Лісіца
У. Сяргеенка
Т. Бубнова

РЕФЕРАТЫ

УДК 631.82:631.472.71

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н. Применение удобрений и баланс азота, фосфора и калия в почвах пахотных земель Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 7.

Приводится анализ применения в областях и в целом по республике органических и минеральных (NPK, азотные, фосфорные и калийные) удобрений с 1966 по 2013 гг. Показан баланс азота, фосфора и калия за этот же период и изменение плодородия почв пахотных земель по отношению к предыдущему туру. Система применения фосфорных и калийных удобрений в 2006–2013 гг. позволила не только поддерживать достигнутый ранее уровень содержания фосфора и калия в почвах пахотных земель, но и повысить его в среднем по республике на 12–15 мг/кг почвы соответственно.

Табл. 6. Библиогр. 5.

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

Черныш А.Ф., Устинова А.М., Цырибко В.Б., Касьяненко И.И. Современное состояние агрофизических свойств почв Белорусского Поозерья // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2 (53). – С. 19.

В статье приведены результаты маршрутных исследований, проведенных на пахотных землях в Браславско-Ушачско-Городокском, Шарковщинско-Полоцко-Шумилинском и Вилейско-Докшицком почвенно-экологических районах, в которых почвенный покров представлен различными группами почвообразующих пород. Установлено, что агрофизические свойства почв Белорусского Поозерья в значительной степени определяются генезисом почвообразующих пород, типовой принадлежностью и степенью подверженности эрозионным процессам. Практически все исследуемые почвы переуплотнены, а, следовательно, необходима разработка мер и приемов по регулированию агрофизического состояния почв. В то же время, для почв северной почвенно-эрозионной провинции характерен хороший структурно-агрегатный состав и достаточно высокие показатели, характеризующие устойчивость структуры к разрушению.

Табл. 3. Библиогр. 9.

УДК 631.452

Лапа В.В., Михайловская Н.А., Барашенко Т.Б., Погирницкая Т.В., Дюсова С.В. Биохимические и микробиологические показатели для оценки влияния антропогенной нагрузки на плодородие почв // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 28.

Для оценки влияния антропогенной нагрузки на плодородие почвы предложены биохимические и микробиологические показатели, позволяющие определять активность и соотношение процессов минерализации и гумификации органических веществ (%), состояние и деятельность микробных сообществ почвы. Выбор биологических показателей был обусловлен их ролью в циклах углерода и азота почвы.

Рис. 6. Библиогр. 49.

УДК 631.47

Северцов В.В., Цытрон Г.С., Матыченков Д.В. К вопросу информационного обеспечения рационального использования почвенных ресурсов Солигорского района // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 42.

В статье представлены результаты исследований по созданию почвенно-информационной системы агроландшафтов Солигорского района и показаны возможности использования инвентаризованной информации для рационального использования почвенных ресурсов на примере определения степени пригодности почв под конкретные сельскохозяйственные культуры.

Рис. 6. Библиогр. 19.

УДК 631.43

Крылач С.И. Влияние агрофизических параметров пахотного слоя почвы на рост и развитие сельскохозяйственных культур // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 51.

Представлены результаты модельного вегетационного опыта по изучению влияния агрофизических параметров пахотного слоя почвы на прорастание и развитие сельскохозяйственных культур с разным размером семян. Установлено, что улучшение агрофизических параметров пахотного слоя почвы приводит не только к увеличению энергии, скорости и дружности произрастания, но и к повышению урожая в целом.

Табл. Рис. 3. Библиогр. 9.

УДК 631.445

Соколов Г.А. Изменение морфологических и водно-физических свойств песчаных пустынных почв под воздействием мелиорантов // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 59.

На основании результатов полевых экспериментов по первичному окультуриванию песчаной пустынной почвы в Египте выявлены преимущества и направленность действия различных удобрительно-мелиорирующих материалов разного генезиса.

Обоснована целесообразность использования специальных мелиорантов для ускоренного окультуривания пустынных почв с улучшением морфологических свойств, повышением их продуктивности, содержания гумуса и водоудерживающей способности, которая была в случае использования специального органо-минерального мелиоранта в 6 раз выше почвы в исходном состоянии и в 1,5 раза выше, чем при внесении малоразложившегося сфагнового торфа.

Наряду с активизацией процессов оструктуривания песчаной пустынной почвы под воздействием мелиоранта снижается поверхностное натяжение почвенного раствора, повышается его смачивающая способность и возможность проникновения воды в мелкие поры почвы. Такой эффект достигается благодаря предварительной направленной активизации органического вещества каустобиолитов при приготовлении мелиоранта с последующим переходом его натуральных поверхностно активных веществ в почвенный раствор.

Табл. 5. Рис. 4. Библиогр. 21.

УДК 633.112.9«324»:631[51+559]

Булавин Л.А., Булавина Т.М., Небышинец С.С., Симченков Д.Г., Сущевич И.А., Бобрик И.Е., Леонов Ф.Н. Эффективность применения различных способов обработки почвы при возделывании озимого тритикале // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 70.

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния способов и сроков обработки почвы на урожайность зерна озимого тритикале. Установлено, что этот показатель находится в определенной зависимости от обработки почвы под предшествующие культуры. Показано, что с точки зрения ресурсосбережения на высокоокультуренных почвах при проведении вспашки под предшествующую культуру целесообразным является возделывание озимого тритикале по безотвальной или мелкой обработке почвы, а также с использованием технологии прямого посева.

Табл. 4. Библиогр. 14.

УДК 631.524.84:633.179:631.671.3:631.439:632.125

Гапонюк А.Н., Сорока А.В. Изменение производительной способности и физических свойств дефляционноопасных почв Белорусского Полесья при возделывании однолетних засухоустойчивых трав // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 78.

В статье представлены данные по продуктивности однолетних засухоустойчивых кормовых трав и их влиянию на плотность основных типов дефляционноопасных почв Полесья. Установлено, что наибольшую продуктивность однолетние травы формируют на торфяно-минеральной почве. Более высокой урожайностью среди однолетних трав отличилась пайза на всех изучаемых типах почв, что способствует заготовке кормов в летний период. Плотность исследуемых почв слабо изменяется от возделываемых трав и существенно различаются по типам почв. На всех исследуемых почвах однолетние травы способствовали снижению плотности слоя 0–10 см.

Табл. 3. Рис. 2. Библиогр. 12.

УДК 630*4:631.445

Волович П.И., Усанова Е.Н., Касьянчик С.А. Состояние защитных лесных насаждений на эродированных и эрозионноопасных почвах Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 86.

В статье приведены результаты оценки состояния защитных лесных насаждений на эродированных и эрозионноопасных почвах Беларуси. Установлено, что все исследованные противоэрозионные лесонасаждения характеризуются лесоводственно-таксационными показателями присущими лесным насаждениям, в сходных условиях. В большинстве случаев такие насаждения выполняют почвозащитные свойства, не допуская развитие эрозионных процессов свыше предельно допустимого уровня.

Табл. 3. Рис. 2. Библиогр. 7.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.872:633.854.78:631.445.2

Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Кирдун Т.М., Бирюкова О.М., Белявская Ю.А., Торчило М.М. Усовершенствованная система удобрения подсолнечника при возделывании по кукурузной соломе на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 95.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве установлено, что снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом содержания фосфора и калия в запаханной соломе кукурузы обеспечило урожайность семян подсолнечника на уровне полных доз минеральных удобрений при снижении затрат на удобрения на 50 USD/га. В вариантах с внесением $N_{90}P_{60}K_{120}$ под подсолнечник дополнительное внесение азота по соломе неэффективно и позволяет сэкономить 27 USD/га без снижения урожайности.

Табл. 4. Библиогр. 7.

УДК 613.412.2

Христенко А.А., Нешта А.П. Проблемы совершенствования диагностики фосфатного состояния почв // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 103.

В результате использования комплекса методов, базирующихся на разных принципах, установлено, что кислотный метод Чирикова (ГОСТ–26204) малопригоден для оценки природной обеспеченности фосфором черноземов типичных и обыкновенных на лессовых породах. Для этой цели целесо-образно использовать слабощелочные или солевые методы.

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр. 5.

УДК 633.13:631.8.022.3:631.445.2

Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Белявская Ю.А., Кирдун Т.М., Бирюкова О.М.,Торчило М.М., Волчкевич И.Г., Жукова М.И. Сравнительная эффективность возделывания овса в традиционной и органической системе земледелия на дерново-подзолистой суглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 111.

В исследованиях на высоко окультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве установлено, что возделывание овса без применения минеральных удобрений и синтетических средств защиты растений обеспечило получение урожайности зерна 42,8 ц/га. Недобор урожая зерна из-за отказа от средств защиты растений был не существенным и составил 2 ц/га.

Зерно овса, выращенное при органической системе земледелия, характеризовалось несколько более низким содержанием белка и незаменимых аминокислот по сравнению с традиционной системой удобрения.

Соблюдение регламентов использования пестицидов в посевах овса обеспечило отсутствие остаточных количеств их действующих веществ в зерне.

Табл. 6. Библиогр. 8.

УДК 633.112.9«321»:631[84+5+81.095.337]

Булавина Т.М. Эффективность применения азотных удобрений и микроэлементов при возделывании ярового тритикале // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 118.

В статье представлены результаты исследований по изучению влияния возрастающих доз азота и микроудобрений Эколист Зерновые и Фитовитал на урожайность зерна и экономическую эффективность возделывания ярового тритикале. Отечественный препарат Фитовитал (0,6 л/га) не уступал по влиянию на урожайность зерна ярового тритикале зарубежному комплексному микроудобрению Эколист Зерновые (2,0 л/га), что имеет важное значение с точки зрения импортозамещения.

Табл. 4. Библиогр. 3.

Цыбулько Н.Н., Зайцев А.А., Шашко А.В. Эффективность азотных и калийных удобрений на антропогенно-преобразованной торфяной почве при возделывании многолетних бобово-злаковых трав // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 124.

На антропогенно-преобразованной торфяной почве при содержании в ней подвижных соединений фосфора 700–790 и калия 620–800 мг/кг почвы оптимальными дозами фосфорных и калийных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы являются $P_{90}K_{180}$. Увеличение дозы калия до 240 кг/га не существенно увеличивает урожайность, однако приводит к снижению окупаемости удоб-рений прибавкой урожая.

При содержании в почве органического вещества на уровне 50–55 % и минерального азота 145–155 мг/кг почвы наиболее эффективной дозой азотных удобрений является N_{60}, обеспечивая на фоне $P_{90}K_{180}$ урожайность 141,0 ц/га сена или 71,9 к. ед., окупаемость азота 27,5 и полного (NPK) минерального удобрения 10,9 к. ед. При увеличении дозы азота до 90 кг/га эффективность удобрений снижается.

Табл. 3. Рис. Библиогр. 13.

УДК 631.88.022.3:631.559:631.86:631.445.2

Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Сафроновская Г.М., Сороко В.И., Исаева А.И., Гарбузова Т.В., Малицкая А.А., Бобовкина В.В., Шиманский Л.П. Влияние стандартных и комплексных удобрений на урожайность и структуру урожая зеленой массы подсолнечника на дерново-подзолистых легкосуглинистой и связносупесчаной почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2 (53). – С. 131.

В статье приведены данные по влиянию стандартных и комплексных удобрений на урожайность зеленой массы (листья, стебли, корзинки), сухого вещества, структуру урожая зеленой массы подсолнечника (высота растений, количество листьев на растении, диаметр корзинки) на дерново-подзолистой легкосуглинистой (Минский район Минская область) и связносупесчаной (Мозырский район Гомельская область) почвах.

Табл. 5. Библиогр. 7.

УДК 633.2/.3:631.8:631.559:631.445.24

Сороко В.И., Пироговская Г.В. Влияние систем удобрения на накопление элементов питания корневыми и пожнивными остатками многолетних травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 143.

Целью представленной работы является изучение влияния систем удобрения на накопление элементов питания корневыми и пожнивными остатками различных видов многолетних травосмесей. Выявлена тенденция увеличения накопления основных элементов питания в корневых остатках под влиянием применяемых удобрений.

Табл.3. Библиогр. 13.

УДК 631.81.095.337:633.367:633.11

Рак М.В., Титова С.А., Николаева Т.Г, Муковозчик В.А., Гук Л.Н., Савицкая В.А. Эффективность применения новых хелатных микроудобрений МикроСтим при возделывании люпина узколистного и озимой пшеницы // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 151.

На дерново-подзолистой супесчаной почве в полевых и производственных опытах с люпином узколистным и озимой пшеницей определена эффективность применения в предпосевную обработку семян и некорневые подкормки жидких микроудобрений МикроСтим, содержащих кобальт, бор, медь, марганец и молибден.

Табл. 12. Библиогр. 7.

УДК 633.162.004.12:631.559

Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И., Глатанкова И.В. Влияние макро- и микроудобрений, регуляторов роста и биопрепарата Ризобактерин на урожайность

и качество пивоваренного ячменя // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 161.

Некорневая подкормка микроудобрениями Фитовитал и МикроСтим–Медь на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ + N_{30} повышала урожайность зерна пивоваренного ячменя на 5,3 ц/га и 7,7 ц/га.

Табл. 6. Библиогр. 10.

УДК [631.81.095.337+631.811.98]:633.13

Вильдфлуш И.Р., Мурзова О.В. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании овса // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 171.

В статье изложены материалы исследований (2013–2014 гг.) по изучению эффективности применения микроудобрения Адоб Cu, новых комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста МикроСтим–Медь и водорастворимого комплексного удобрения Нутривант плюс, регулятора роста Экосил на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси при возделывании овса.

Табл. 4. Библиогр. 7.

УДК 631.872:631.445.2

Пехота А.П. Поступление элементов питания с соломой зерновых и зернобобовых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву в зависимости от системы удобрения // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 179.

Установлено, что в зависимости от уровня минерального питания, с соломой озимых зерновых культур в дерново-подзолистую супесчаную почву поступает 25,2–49,7 ц/га органического вещества, азота – 9–36 кг/га, фосфора – 8–20 кг/га, калия – 51–102 кг/га; с соломой зернобобовых культур – 15,8–22,4 ц/га органического вещества, 12–26 кг/га – азота, 8–13 кг/га – фосфора, 34–52 кг/га – калия.

Табл. 5. Библиогр. 6.

УДК 631.461:633.14/15

Цигичко А.А., Маклюк Е.И. Влияние активных культур бацилл на формирование растений озимой ржи и кукурузы на первых этапах онтогенеза // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 186.

В статье приводятся данные по эффективности применения чистых культур бактерий Bacillus sp. 235 и 523 антагонистическими, ростостимулирующими и азотфиксирующими свойствами, выделенных из микробиоценоза чернозема оподзоленного с органической системой земледелия. Установлено позитивное влияние исследуемых штаммов на рост и развитие семян озимой ржи на первых этапах онтогенеза. Определено, что инокуляция бактериальными штаммами семян кукурузы, зараженной плесневыми грибами, оказывала стимулирующее действие

на прорастание семян и в то же время сдерживала развитие патогенного фактора. Показатель длины корешков был больше при использовании штамма 523 на 76,5 % и под действием штамма 235 – 18,4 % по сравнению с контролем.

Табл. Рис. 3. Библиогр. 12.

УДК 631.86:631:452

Повх О.В. Влияние органического удобрения и микробного препарата на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 191.

В статье проанализировано влияние интегрированного и самостоятельного применения органического ферментированного удобрения и микробного препарата Азотер на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы. Отмечено повышение содержания минерального азота, подвижного фосфора и калия в почве под их действием, а также зафиксировано положительное влия-ние на гумусное состояние и реакцию почвенного раствора.

Рис. 5. Библиогр. 13.

УДК 631.543.8

Хмелевский С.С. Приемы продления функционирования зеленых насаждений в городе (аналитический обзор) // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2(53). – С. 200.

В обзоре литературы освещены вопросы применения агротехнических приемов (использования органических и минеральных удобрений, мелиорантов, регуляторов роста растений и др.), направленных на преодоление отрицательного влияния загрязнения почв и зеленых растений поллютантами в городских условиях.

Библиогр. 38.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Почвоведение и агрохимия» согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 10 июля 2014 г. № 170 включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Направляемые статьи должны являться оригинальными материалами, не опубликованными ранее в других печатных изданиях.

Текст научной статьи должен быть подготовлен в соответствии с требованиями главы 5 Инструкции по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации (утверждена Постановлением ВАК Республики Беларусь от 22.02.2006 № 2) и иметь следующую структуру: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); введение; основную часть (разделы – методика и объекты исследования, результаты исследований и их обсуждение), выводы, список цитированных источников. К статье прилагается аннотация на русском и английском языках (с переводом названия статьи, фамилий авторов). Статья должна быть подписана всеми авторами.

Объем статьи не должен превышать 10 страниц формата А 4, но не менее 14 тыс. печатных знаков. Все материалы представляются распечатанными на белой бумаге.

Электронный вариант должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word шрифтом Arial (размер кегля – 10 пт, через одинарный интервал, абзац – 0,75). Рисунки даются в формате TIF.JPG 300–600 точек на дюйм. Текст на рисунках также должен быть набран гарнитурой Arial, размер кегля соизмерим с размером рисунка. Подписи к рисункам и схемам делаются отдельно.

Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления», ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Порядковые номера ссылок по тексту должны быть написаны внутри квадратных скобок (например [1], [2]). Ссылка на неопубликованные работы не допускается.

Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

Поступившая статья направляется на рецензию, затем визируется членом редколлегии и рассматривается на заседании редколлегии. Возвращение статьи автору на доработку не означает, что она принята к печати. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии.

Редакция оставляет за собой право вносить в текст редакционную правку.

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

Подписано в печать 22.12.2014. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.
Усл. п.л. 17,87. Уч.-изд. л. 14,50. Тираж 120 экз. Заказ 600.

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