

ISSN 0130-8475

Институт почвоведения и агрохимии

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1961 г.

**№ 1(46)
Январь – июнь 2011 г.**

Минск
2011

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

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

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

Главный редактор *В.В. ЛАПА*

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

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

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

1(46)

Январь – июнь 2011 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», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Черныш А.Ф., Качков Ю.П., Башкинцева О.Ф., Давыдик Е.Е., Панасюк О.Ю. Почвенно-экологическое микрорайонирование – необходимое звено в системе почвенного районирования	7
Шибут Л.И., Цытрон Г.С., Калюк В.А. Учет неоднородности почвенного покрова при кадастровой оценке земель в Беларуси	21
Цытрон Г.С., Бубнова Т.В., Дробыш С.В., Горбачева Е.В. Использование показателей спектральной отражательной способности дерново-подзолистых почв в диагностике степени их антропогенной трансформации	29
Цандур Н.А., Друзьяк В.В., Бурькина С.И. Сидеральные пары степи Украины.....	37
Горбачева Е.Н. Автоматизированное дешифрирование почв, подверженных водно-эрозионным процессам	46
Веренич А.Ф., Тыновец С.В., Рышкель О.С. Почвенные режимы агроэкосистемы пойменного луга.....	55
Романова Т.А., Ефимова И.А., Ивахненко Н.Н., Капилевич Ж.А. Парадоксы полугидроморфных почв.....	62
Семененко Н.Н. Влияние способов длительного сельскохозяйственного использования торфяных почв на трансформацию фракционного состава фосфатов	70
Цыбулько Н.Н., Ермоленко А.В. Влияние систем обработки дерново-подзолистых автоморфной и полугидроморфной супесчаных почв на поступление ¹³⁷ Cs в растения.....	79

2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Ломонос М.М. Грачева А.А., Бачище А.В. Продуктивность зернотравяного севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении различных систем удобрения	89
Лапа В.В., Ульяновчик В.И., Серая Т.М., Гончаревич Т.В., Кобринец С.Н. Влияние различного использования зеленой массы редьки масличной, соломы, минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве	104
Таврыкина О.М., Богдевич И.М., Путятин Ю.В. Вынос радионуклида ⁹⁰ Sr сортами озимой и яровой пшеницы, возделываемой на загрязненной радионуклидами дерново-подзолистой супесчаной почве	115
Лапа В.В., Кулеш О.Г., Ломонос М.М., Лопух М.С. Урожайность и качество зерна озимого тритикале в зависимости от системы удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....	124
Микулич В.А. Состав и вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы при различной обеспеченности фосфором дерново-подзолистой супесчаной почвы	135
Босак В.Н., Марцуль О.Н. Продуктивность ярового тритикале в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....	145
Сороко В.И., Пироговская Г.В., Маркевич Д.В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна проса при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве	154

Батыршаев Э.М., Богдевич И.М. Урожайность и накопление ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr в зерне различных сортов проса на дерново-подзолистой супесчаной почве.....	168
Сафроновская Г.М., Германович Т.М., Сатишур В.А., Царук И.А. Эффективность калийного удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной кислотностью и обеспеченностью подвижным калием	174
Милоста Ю.Г. Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов на динамику накопления биомассы растениями льна масличного по фазам его развития	182
Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н., Родина М.Э. Продуктивность люпина узколистного на дерново-подзолистой супесчаной почве.....	192
Николаева Т.Г. Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на содержание микроэлементов в зеленой массе и зерне люпина узколистного	201
Рак М.В., Николаева Т.Г., Титова С.А., Барашкова Е.Н. Влияние кобальтовых удобрений на урожайность и качество клевера лугового.....	208
Барашкова Е.Н. Содержание бора в растениях льна масличного в зависимости от обеспеченности супесчаной почвы бором и доз борных удобрений	214
Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К., Ефимова И.А., Сидорейко Н.В. Влияние селена на урожайность и накопление его в сене многолетних злаковых трав на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с разными уровнями кислотности	222
Мишура О.И. Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании кукурузы.....	231
Алиев С.Г., Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения комплексных микроудобрений и регуляторов роста при возделывании картофеля.....	237
Михайловская Н.А., Богдевич И.М., Василевская О.В., Погирницкая Т.В. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором	243
Ермолович О.А. Влияние азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и препарата Биолиnum на рост и развития льна-долгунца	252
Боровик А.А., Радовня В.А., Аляпкин А.В. Влияние удобрений на вынос с урожаем элементов питания и накопление в почве корневой массы галеги восточной	259
Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Гаранович И.М. Эффективность применения новых форм удобрений и мелиорантов в питомниководстве	266
Герасимович Л.С., Веремейчик Л.А., Пилипец О.И. Регрессионный анализ системы управления биопродукционными процессами выращивания томатов в малообъемной культуре.....	275

3. ДИСКУССИИ

Романова Т.А. Плодородие и продукционная способность почв.....	283
---	-----

ЮБИЛЕИ

Член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси Виталий Витальевич Лапа (к 60-летию со дня рождения и 35-летию научной и творческой деятельности).....	288
Рефераты	291
Правила для авторов	302

CONTENTS

1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

Chernysh A.F., Kachkov J.P., Bashkinceva O.F., Davydik E.E., Panasjuk O.J. Soil-ecological microdivision – the necessary link in the system of soil division	7
Shibut L.I., Tsytron G.S., Kalyuk V.A. Taking into account the heterogeneity of soils cover at a cadastral valuation of lands in Belarus	21
Tsytron G.S., Bubnova T.V., Drobysh S.V., Gororbachova E.V. Use of indicators of spektral reflective capacity of the sod-podzolic soils in the diagnostic of their agrogenic transformation's degree	29
Tzandur N.A., Druziak V.V., Burykina S.I. Green steam in the steppe of the Ukraine	37
Gorbachova E.N. Technology of automated interpretation of eroded soils	46
Verenich A.F., Tynovets S.V., Ryshkel O.S. Soil modes agrosystems of the inundated meadow	55
Romanova T.A., Efimova I.A., Ivahnenko N.N., Kapilevich G.A. The paradoxes of the semi-hydramorphic soils	62
Semenenko N.N. Influence of the ways of agricultural use of peat soils on the transformation of fractional phosphate composition	70
Tsybulko N.N., Ermolenko A.V. Influence of systems of tillage of sod-podsolic sandy soils of different humidifying on receipt ¹³⁷ Cs in plants	79

2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

Lapa V.V., Ivahnenko N.N., Lomonos M.M., Grachova A.A., Bachyshcha A.V. Crop rotation productivity and fertility of luvisol loamy sand soil under different fertilizer system	89
Lapa V.V., Ulianchik V.I., Seraya T.M., Goncharevich T.V., Kobrinec S.N. The influence of different usage of green mass of oil radish, straw, mineral fertilizers on the productivity level of crop rotation on sod-podzolic loam soil	104
Tavrykina O.M., Bogdevich I.M., Putyatin Yu.V. Wheat varieties cultivated on lands contaminated by radionuclides as countermeasure in decreasing of removal ⁹⁰ Sr	115
Lapa V.V., Kulesh O.G., Lomonos M.M., Lopuh M.S. Influence of mineral fertilizers on productivity and quality of winter triticale depending on fertilization systems on sod-podsolic loamy sand soils	124
Mikulich V.A. Content and removal of nutrients with yield of spring wheat related top-status of luvisol loamy sand soil and fertilizers	135
Bosak V.N., Martsul O.N. Productivity of spring triticale depending on application of fertilizers on sod-podzolic light loamy soil	145
Soroko V.I., Pirogovskaya G.V., Markevich D.V. Impact of fertilizers on yield and quality of a grain of millet at cultivation on podzoluvsol loamy sand soil	154
Batyrshayeu E.M., Bogdevitch I.M. The yield and accumulation ¹³⁷ Cs and ⁹⁰ Sr by grain of several millet varieties on luvisol loamy sand soil	168
Safronovskaya G.M., Germanovich T.M., Satishur V.A., Tsaruk I.A. Efficiency of potash fertilizer on sod-podzolic light loamy soil with different acidic and security of mobile potash	174
Милоста Ju.G. Influence of complex fertilizers with microelement additives on dynamics of accumulation of a biomass of flax olive plants on phases of its development	182

Seraya T.M., Mezentseva E.G., Bogatyreva E.N., Biryukova O.M., Biryukov R.N., Rodina M.E. Productivity of blue lupine on sod-podzolic loamy sand soil	192
Nikolaeva T.G. effect of cobalt and manganese fertilizers on the content of microelements in green mass and grain of blue lupine	201
Rak M.V., Nikolaeva T.G., Titova S.A., Barashkova E.N. Effect of cobalt fertilizers on the yield and quality of madow clover.....	208
Barashkova E.N. Boron content in plants oil flaxin relation to B-status of podzoluvisol loamy sand soil.....	214
Golovatyj S.E., Kovalevitch Z.S., Lukashenko N.K., Efimova I.A., Sidoreiko N.V. Influence of selenium on productivity and selenium accumulation in hay of the long-term cereal grasses cultivated on luvisol loamy sand soil with different levels of acidity	222
Mishura O.I. Efficiency of application of microfertilizers in helat form at cultivation of maize	231
Aliev S.G., Vildflush I.R. Efficiency of application of complex micro fertilizers and growth regulators for growing potatoes	237
Mikhailovskaya N.A., Bogdevitch I.M., Vasilevskaya O.V., Pogirnitskaya T.V. Biological activity of luvisol loamy sand soil under the influence of phosphorus supply	243
Ermolovich O.A. Effect of nitrogen-fixing, phosphate bacteria and preparation for Biolinum growth and development of flax.....	252
Borovik A.A., Radaunia U.A., Aljapkin A.V. Influence of fertilizings on carrying out of nutrient and root residual accumulation in soil of galega orientalis	259
Pirogovskaja G.V., Hmelevskij S.S., Garanovith I.M. Efficiency of application of new forms of fertilizers and ameliorators in hatchery.....	266
Gerasimovich L.S., Veremeychik L.A., Pilipets O.I. Regression analysis of control systems of bioproduction process of growing tomatoes in a small-volume culture.....	275

3. DISCUSSION

Romanova T.A. Fertility and productive capacity of soils	283
---	-----

OUR JUBILEES

Corresponding member of National Academy of Sciences of Belarus Vitaly Vitalievich Lapa (<i>to the 60th anniversary of the birthday and to the 35th anniversary of the scientific and creative activities</i>).....	288
Summaries	291
Rules for authors	302

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ МИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ – НЕОБХОДИМОЕ ЗВЕНО В СИСТЕМЕ ПОЧВЕННОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

**А.Ф. Черныш¹, Ю.П. Качков², О.Ф. Башкинцева², Е.Е. Давыдик²,
О.Ю. Панасюк³**

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

*³Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Выполняющиеся на территории Беларуси в течение более чем полувека крупномасштабные почвенные обследования и результаты их обобщения показали существование широкого спектра различий почвенно-экологических условий внутри территориальных единиц более крупного таксономического ранга и тем самым определяют целесообразность и необходимость выделения и обособления более мелких таксономических единиц – почвенно-экологических микрорайонов. В Беларуси детальное, в частности, почвенное районирование, несмотря на наличие благоприятных объективных предпосылок, – прежде всего, качественных информационно-емких крупно- и среднемасштабных почвенных карт на всю территорию республики, не проводилось. В определенной степени это объяснялось отсутствием соответствующих методических разработок, противоречивостью в таксономии, терминологии, принципах и самой теории районистики. Между тем целесообразность таких работ вполне очевидна как в силу широкого распространения территорий сложных, с пространственно часто меняющимися природными условиями, так и в связи с необходимостью проведения в республике земельной реформы. Успешное решение данной проблемы возможно с помощью выверенной и надежной системы критериев микрорегиональных различий природных комплексов, позволяющих довести процессы районирования до уровня микрорайонов.

Зонально-провинциальные и региональные закономерности распространения почвенного покрова в первом приближении отражены в почвенно-географическом районировании территории Беларуси [1]. Разработанная в республике схема почвенного районирования вначале включала 4 почвенно-геоморфологических округа, которые разделялись на 14 почвенных районов. В дальнейшем территория республики была разделена на 6 почвенно-климатических округов, объединяющих 22 почвенных района Беларуси [2]. Последняя разработанная в республике в 70-х годах схема почвенно-географического районирования включавшая 3 почвенные провинции, 7 почвенно-климатических округов, 20 агропочвенных районов и 12 подрайонов, осталась практически неизменной до наших дней [3].

Под агропочвенным районом в данном случае понималась такая природно-сельскохозяйственная территория, которая на фоне общегеографических условий характеризуется определенным сочетанием или комплексом почв и, соответственно, связанной с ними, совокупностью мероприятий по рациональному использованию территории и развитию плодородия почв. Одни и те же, но территориально разобщенные районы, получили наименования подрайонов [3].

Агропочвенный район должен характеризоваться относительно однородным природным фоном. Однако в пределах выделенных почвенно-географических районов это наблюдается достаточно редко. В качестве типичного примера можно привести Гродненско-Волковысско-Лидский агропочвенный район, включающий контрастно различающиеся геоморфологические образования – конечно-моренные возвышенности (Гродненская, Волковысская, Слонимская), равнины: моренные (Лидская), водно-ледниково-моренные (Высоковская), морено-водно-ледниковые (Пружанская), водно-ледниковые (Коссовская), водно-ледниковые с краевыми ледниковыми образованиями (Вороновская). Материалы почвенного обследования последних лет свидетельствуют о большой неоднородности почвенного покрова и в агропочвенных районах Белорусского Поозерья, а также в почвенных районах Белорусского Полесья, что не могло найти отражение при почвенно-географическом районировании 50-70-х годов прошлого столетия, т.к. в нем не были представлены результаты проявления широко распространенных на территории республики эрозийных процессов, так же как большие изменения почвенного покрова, произошедшие в результате проведения осушительной мелиорации и интенсивного сельскохозяйственного использования земель за последние 30 лет. Существенно и то, что за истекшие годы практически завершена крупномасштабная почвенная съемка земель гослесфонда, вследствие чего картина почвенно-географического районирования территории республики может выглядеть совершенно по-другому. В новой схеме районирования должны быть отражены не только данные последних почвенных исследований, но и результаты последнего геоморфологического районирования, показатели более длительного ряда климатических наблюдений и т.д.

Новое направление в развитии проблемы почвенного районирования территории республики связано с работами по почвенно-экологическому районированию [4]. Это направление исследований ставило своей задачей решить вопросы адаптации сельскохозяйственного производства к конкретным почвенным условиям для целей ведения его с максимально возможной эффективностью. При учете территориальной разобщенности почвенно-экологических районов (всего их было выделено 40) предлагалось использовать почвенно-экологический ареал, объединяющий в свою очередь агротехнологические группы земель.

В 80-х годах прошлого века была опубликована карта природно-технологического районирования территории Беларуси, где учитывался ряд природных факторов (рельеф, увлажнение, и, следовательно, почвы), а также технологические условия территории, как, например, угол наклона, каменистость и т.д. По условиям механизации сельского хозяйства было выделено 5 регионов [5].

Особенности почвенного покрова учитывались и при проведении природно-сельскохозяйственного районирования, согласно которому выделялись провинции, округа и районы, различающиеся определенным сочетанием природных факторов и их связью с характером использования земель в сельском хозяйстве.

Ведущими критериями выделения провинции является годовой ход элементов макроклимата, округов – общность мезоклиматических, геоморфологических и гидрологических условий, районов – однородное сочетание форм ельефа и почвообразующих пород.

Первый вариант природно-сельскохозяйственного районирования территории республики был выполнен в 80-х годах в границах бывшего СССР, в соответствии с которым Беларусь относилась к умеренному климатическому поясу, южно-таежной лесной зоне, Прибалтийской и Белорусской природно-сельскохозяйственным провинциям. Провинции делились на 9 округов и 16 природно-сельскохозяйственных районов, сгруппированных по административным районам. В республике была предложена своя схема районирования, предлагающая 30 природно-сельскохозяйственных районов, границы которых, учитывая большую неоднородность почвенного покрова Беларуси, были «привязаны» к границам сельхозпредприятий [6]. Разработанная к 2005 году новая классификационная схема включает 3 провинции, 9 округов и 73 природно-сельскохозяйственных района [7].

Почвенно-экологические различия в условиях ведения сельскохозяйственного производства на уровне провинции Беларуси нашли отражение в кадастровой оценке земель. Так, кадастровая оценка 26 баллов, в Центральной и в большинстве районов составляет 30-35 баллов и более, и опускается до 30 баллов и ниже в Южной (Полесской) провинции. Внутри провинций и тем более районов существует большая неоднородность почвенного покрова, нуждающаяся, по крайней мере, в установлении ее таксономического ранга.

Почвенное или почвенно-экологическое микрорайонирование позволяет конструктивно и обосновано решить вопросы по применению ландшафтно-адаптивных систем земледелия, совершенствовать и оптимизировать использование почвенно-земельных ресурсов, создавать необходимые условия для устойчивого развития экономики республики.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследований были выбраны типичные административные районы в пределах почвенно-экологических районов.

Приобретенный опыт позволил более уверенно и четко выполнить почвенно-экологическое микрорайонирование объектов. Было принято во внимание, что обособляясь в целом как самостоятельные природно-территориальные единицы, микрорайоны включают, с одной стороны, элементы, образующие основной преобладающий фон, например, почвенно-генетический, который определяет природный облик района, а с другой, – элементы чужеродные, не характерные, контрастирующие с обликом и фоном последнего. Наличие на преобладающем природном фоне своеобразных включений обусловлено проявлением местных закономерностей географического распространения природных элементов, в особенности почвенных.

В этом аспекте природно-экологический микрорайон можно определить как небольшую часть района или подрайона, почвенный покров, особенности его структуры, класс почвенных комбинаций, другие природные условия которого существенно отличаются от окружающего фона вследствие локального проявления различных условий и процессов (иная литологическая составляющая, явления

гидроморфизма, эрозионной денудации, аллювиальной аккумуляции и т.д., а также их различные сочетания). Он является генетическим по сути и агроэкологическим – по назначению.

Почвенные комбинации можно рассматривать в различных аспектах: в качестве пространственной и функциональной аналогии ландшафта, они могут стать ядром формирования природно-производственных территориальных комплексов, наконец, они являются основой и содержанием почвенно-экологических микрорайонов.

Основным критерием выделения микрорайонов являются группы почвенных мезокомбинаций, состав и соотношение составляющих их основных компонентов. При этом вырисовывается существенная роль гранулометрического состава и генезиса почвообразующих пород, особенности вертикального строения почвенного профиля. Этот фактор имеет наиболее выраженную агропроизводственную значимость, хорошо коррелирует с геоморфологическими условиями, с ним тесно связано формирование той или иной экологической ситуации (явления эрозии (дефляции), заболачивания, накопления и миграции радионуклидов, нарушенные земли и т.д.).

Границы различных почвенных комбинаций с неодинаковым составом составляющих их компонентов являются основными придержками при установлении границ микрорайонов. Местами они могут совпадать с выраженными естественными природными рубежами (глубокие ложбины, долины рек и ручьев и т.д.), быть приуроченными к резкой смене литологических пород и т.д. При фоновом строении почвенного покрова границы устанавливаются по контурам преобладающих почв, при регулярно повторяющихся – по нарушению этой регулярности, заметному уменьшению доли менее распространенных почв. Выделенные микрорайоны могут охватывать сферу распространения наиболее крупных по площади ареалов основных компонентов почвенного покрова и т.д.

Для Северной почвенно-экологической провинции были выбраны характерные Браславский и Шумилинский районы, Славгородский и Дзержинский, являющиеся ключевыми для Центральной провинции, Лунинецкий и Добрушский – репрезентативные районы для Южной почвенно-экологической провинции. Ранее было выполнено почвенно-экологическое микрорайонирование природного региона, состоящего из 5 административных районов, расположенных на стыке Предполесской (большая часть) и Полесской физико-географических провинций [8], и поэтому, не отражающего в полной мере всего разнообразия природных условий республики, ее региональных особенностей.

В технологическом отношении работы осуществляются на основе почвенных карт административных районов, с привлечением пояснительных записок, материалов вертикальной съемки, геологических, геоморфологических, ландшафтных карт, данных последнего агрохимического обследования почв, сведений о радиационном загрязнении территории, информации о структуре земельных угодий, результатов кадастровой оценки земель.

Собранный таким образом материал был систематизирован, проанализирован и изучен, что позволило провести на территории Браславского, Шумилинского, Дзержинского, Славгородского, Добрушского и Лунинецкого районов почвенно-экологическое микрорайонирование (с выделением 6-11 микрорайонов) и составить соответствующие картосхемы. По выделенным микрорайонам был

определен состав почвенного покрова, получены агроэкологические и агрохимические характеристики, изучен агропроизводственный потенциал, созданы необходимые предпосылки для проведения на их территории типизации земель. Ниже приводится описание в краткой редакции характерных почвенно-экологических микрорайонов. Их названия даются по наиболее крупному населенному пункту в микрорайоне: холмисто-моренный супесчано-суглинистый на моренных породах эродлируемый (Слободка Браславского района); плоский супесчано-суглинистый на озерно-ледниковых глинах сильно переувлажненный (Оболь Шумилинского района); холмистый пылевато-суглинистый эродлируемый (Новоселки Дзержинского района); полого-волнистый супесчаный на суглинках слабопереувлажненный (Зимница Славгородского района); плоско-волнистый песчаный на песках среднепереувлажненный (Нивки Добрушского района); котловинный торфяной и песчаный заболоченный осушенный деградируемый (Межлесье Лунинецкого района).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований дают необходимый объем информации для определения хозяйственного использования и организации территории выделенных микрорайонов.

Так, **Браславский** и **Шумилинский** районы, представляющие природные условия Северной почвенно-экологической провинции, при наличии ряда общих черт (распространение молодого холмисто-моренного рельефа, озерно-ледниковых и водно-ледниковых низин и равнин, выраженной мелиоративной неустроенности т.д.), обладают в то же время индивидуальными особенностями.

Выполненный комплекс исследований на территории **Браславского** района позволил сформировать функциональные зоны использования земель. Сельскохозяйственное использование земель возможно в 4-х почвенно-экологических микрорайонах, приуроченных в Браславской конечно-моренной возвышенности, и в 3-х, относящихся к Дисненской озерно-ледниковой низине. При этом микрорайоны Браславской возвышенности характеризуются весьма невысоким агропроизводственным потенциалом (балл кадастровой оценки пахотных земель в целом составляет 18-22), что, вероятно, во многом обусловлено действием эрозийных процессов (20,4-24% эродированных почв на пашне) (таблица). Поэтому здесь должно осуществляться экологически безопасное использование земель, базирующееся на комплексе организационно-территориальных, агротехнических, фитомелиоративных и других приемов, обеспечивающих регулирование поверхностного стока, предотвращение смыва почв и биогенных элементов [9]. Подавляющая часть компонентов почвенного покрова микрорайонов Дисненской низины переувлажнена и поэтому нуждается в осушительной мелиорации или реконструкции мелиоративной сети, а на тяжелых почвах – и агротехнической. Их агропроизводственный потенциал более высокий – кадастровый балл пахотных земель 23-27. Выделенный здесь также микрорайон Дегтяры-Бобыли практически не освоен в сельскохозяйственном отношении. Он отличается почвенным покровом, который образован сочетанием песчаных разной степени переувлажненности и болотных разного типа почв. Особо выделяется микрорайон Дривяты-Снуды, представляющий по сути Браславскую группу озер с обрамлением их

камами, озами и дюнами, разбросанными на участках водно-ледниковых плоских равнин, сложенных песками. Если в первом микрорайоне в силу исторически сложившихся обстоятельств и крайне низкой землепригодности его почв к сельскохозяйственному использованию должна соблюдаться в максимальной степени и в дальнейшем природоохранная направленность использования (здесь находится заповедная зона национального парка «Браславские озера»), а выборочно может осуществляться лесохозяйственная деятельность, то для микрорайона Браславских озер в виду его ярко выраженного рекреационного потенциала очевидно использование его только в этом качестве при сохранении, естественно, принципов экологической безопасности.

Иная картина складывается на территории **Шумилинского** района, в почвенном покрове которого абсолютно доминируют переувлажненные и заболоченные почвы. Это обуславливает и характер хозяйственного использования территории, и направление целесообразных и необходимых мероприятий. Как правило, они в первую очередь касаются осушительных мелиораций (или реконструкции осушительной сети). Эти мероприятия осуществлялись в пределах 3 почвенно-экологических микрорайонов Шумилинского района – Сиротино-Кривое Село, Мишневичи-Суровни, Николаево-Оболь, в почвенном покрове которых удельный вес переувлажненных и заболоченных почв превышает 80%. По гранулометрическому составу в этих микрорайонах преобладают легкосуглинистые и супесчаные (более 70-80%), чаще всего подстилаемые водоупорными породами (моренными суглинками и озерно-ледниковыми глинами) почвы. К отрицательным характеристикам почв микрорайонов, в частности, микрорайона Сиротино-Кривое Село, следует отнести нередко сильно выраженную завалуненность земельных угодий и проявляющуюся в местах распространения небольших холмов водную эрозию. В последнем случае в зависимости от степени проявления эрозии необходим комплекс противоэрозионных мероприятий.

Микрорайон Казьяны-Ровное и Мясоедовичи, по сути, представленный крупными котловинами преимущественно с верховыми болотами, и участками водно-ледниковых низин по периферии, а также микрорайоны Шаши и Лобейки, приуроченные к надпойменным террасам Западной Двины, в силу низкой пригодности их почвенного покрова для земледелия слабо используются в сельскохозяйственном производстве (или вовсе не используются). Предпочтительно по возможности сохранить их в естественном состоянии (часть территории вошла в состав Козьянского ландшафтного заказника) или ограничиться ведением сельского хозяйства только для обеспечения нужд местного населения.

Представляющие природные условия и почвенный покров Центральной почвенно-экологической провинции **Дзержинский** и **Славгородский** административные районы существенно различаются по ряду параметров. На формирование почвенного покрова почвенно-экологических микрорайонов **Дзержинского** района оказали определяющее влияние наличие на его территории 3-х контрастных природных образований – Минской конечно-моренной возвышенности, Столбцовой моренной равнины и Верхне-Неманской водноледниковой низины. Среди 7 микрорайонов, приуроченных к Минской возвышенности, выделяется своим наиболее высоким агропроизводственным потенциалом микрорайон Демидовичи. Балл кадастровой оценки его пахотных земель (40,5-43,6) на 6-8 баллов превосходит районный показатель (35,4) и примерно на 10 – областной (33,2).

Следующую, более низкую агропроизводственную ступень (40-35 баллов) занимают микрорайоны Минской возвышенности, в составе почвенного покрова которых присутствует компонент, ухудшающий его свойства.

В одном случае это может быть выраженная эрозия, как, например, в микрорайоне Новоселки эрозии подвержены до 21% земель, в другом – осязаемое наличие переувлажненных земель – до 60% в микрорайоне Путчино, в третьем – более облегченный гранулометрический состав – в микрорайоне Дзержинск 75% почв супесчаные (таблица). По мере нарастания в составе почвенного покрова доли других компонентов, более контрастно отличающихся или образующих различные комбинации, обособляются микрорайоны со средним (35-30 баллов) по качеству агропроизводственным потенциалом (микрорайоны Фаниполь, Волма, Петрашевичи). Ниже среднего по качеству (30-25 баллов) земли характерны для микрорайонов, приуроченных к Столбцовой моренной равнине (Шабуневка, Негорелое). Их плохие агропроизводственные свойства обусловлены сочетанием ряда неблагоприятных факторов (более облегченный гранулометрический состав, пестрое подстиление, избыточное увлажнение, выраженная неоднородность почвенного покрова). Наконец, микрорайон Боровое, обособленный границами зандровой Верхне-Неманской низины, отличается худшим (ниже 25 баллов) агропроизводственным потенциалом, что дает достаточное обоснование его иного использования, например, в лесном хозяйстве.

Славгородский район характеризуется в отличие от Дзержинского более однородными природными условиями. Свойственный ему общий полого-волнистый рельеф при доминировании в качестве почвообразующей породы водноледниковых супесей и песков определил формирование меньшего количества почвенно-экологических микрорайонов (всего 7, при этом один из них приурочен к пойме рр. Сож и Проня). Среди них более высоким агропроизводственным потенциалом, характеризующимся величиной кадастровой оценки пахотных земель в 31-34 балла, выделяются микрорайоны Славгород и Зимница-Ректа (таблица). Это обусловлено здесь более частым появлением в подстилении моренных пород, а также тем, что верхние горизонты почв в подавляющем большинстве представлены супесчаными породами (свыше 90%). Более или менее близкие показатели кадастровой оценки земель отмечаются в 3-х микрорайонах: Лопатичи-Ходорово, Кульшичи-Иваншевичи и Свенск-Гайшин – 24-27 баллов. В этих микрорайонах моренное подстиление встречается либо реже (микрорайон Кульшичи-Иваншевичи), либо верхние горизонты преимущественно рыхлыми супесями и песками (микрорайон Лопатичи-Ходорово, Свенск-Гайшин). Наконец, микрорайон Старинка, в почвенном покрове которого абсолютно доминируют песчаные почвы, обладает наиболее низким агропроизводственным потенциалом – балл плодородия пахотных земель едва превышает 20, а его естественная землепригодность наиболее соответствует лесным угодьям, тем более, что все почвы являются дефляционно опасными (табл. 1). Но главная неблагоприятная экологическая особенность почв микрорайонов Славгородского района – радиационная загрязненность цезием, выраженная в слабой степени почти по всей территории, а в микрорайонах Славгород и Свенск-Гайшин помимо заражения цезием в средней степени большей части их площади (63-70%) отмечается и загрязнение стронцием.

Таблица

Агроэкологическая и кадастровая характеристика почвенно-экологических микрорайонов, % от площади микрорайона

1	Гранулометрический состав почв				Степень увлажнения почв						Эродированные почвы	Антропогенно-образованные почвы	Дефляционно-опасные почвы	Радиационно загрязненные земли (Cs ¹³⁷), кБк/м ²			Балл кадастровой оценки земель		
	суглистые	супесчаные	песчаные	морфные	автоморфные	полугидроморфные	гидроморфные		пойменные	37-185				185-555	более 555	14		15	16
							низиновые	верховые											
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Северная почвенно-экологическая провинция																			
Браславский																			
1. Механы-Опса-Погоща	36,5	44,8	3,1	11,0	27,4	65,8	4,5	-	2,2	24,8	0,1	14,0	-	-	19,7	18,4			
2. Дривяты-Снуды	9,7	8,7	10,9	56,6	41,3	40,0	13,0	1,1	5,6	3,5	-	38,0	-	-	17,1	18,3			
3. Плюсы-Спринды	37,5	28,8	14,8	6,2	26,8	55,7	7,4	4,6	3,3	22,4	2,2	18,0	-	-	18,3	17,4			
4. Гавриловцы-Друя	22,8	55,1	13,0	7,1	17,5	76,9	1,9	-	2,8	7,0	0,8	15,0	-	-	24,3	24,2			
5. Слободка-Иказнь	15,8	52,2	7,7	9,4	25,8	58,5	14,1	-	-	20,4	1,6	12,0	-	-	21,5	21,3			
6. Ахремовцы-Мильки	31,7	35,5	17,5	2,9	4,5	83,0	12,4	-	0,1	1,1	-	2,0	-	-	22,3	22,1			
7. Дегтары-Бобыли	6,7	8,1	19,0	21,9	5,9	49,8	10,3	34,0	-	0,5	-	7,0	-	-	-	-			
8. Дрисвяты-Пакульня	51,0	32,5	2,4	1,6	34,0	46,7	12,1	-	6,7	21,3	0,5	2,0	-	-	22,1	20,3			
9. Видзы-Козьяны	65,2	26,2	4,3	1,5	2,4	90,2	2,0	-	3,6	1,4	0,8	2,0	-	-	27,4	26,2			
Шумилинский																			
1. Сиротино-Кривое	28,3	35,7	17,5	2,9	14,0	69,1	11,6	4,0	1,3	4,4	0,6	8,0	-	-	22,8	23,3			
2. Мишневичи-Суровни	10,2	47,2	31,2	8,1	8,7	85,1	3,3	-	2,8	0,8	0,1	5,4	-	-	18,9	20,4			

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3. Николаево-Оболь	34,9	46,8	9,0	6,8	8,2	85,5	1,3	1,2	3,8	-	0,1	7,0	-	-	-	23,8	24,0
4а. Козьяны-Ровное	-	1,7	8,7	32,5	19,6	22,2	10,8	46,3	1,1	-	0,2	17,3	-	-	-	-	-
4б. Мясоедовичи	-	10,2	5,8	32,7	2,5	46,2	11,3	40,0	-	-	0,1	1,2	-	-	-	21,3	20,7
5а. Шаши	6,2	4,0	6,2	35,6	20,4	31,6	14,4	33,6	-	-	0,1	19,6	-	-	-	22,7	22,1
5б. Лобейки	3,4	3,0	13,2	65,3	-	82,8	2,3	12,8	2,1	2,7	0,1	8,5	-	-	-	-	-
Центральная почвенно-экологическая провинция																	
Держинский																	
1. Демидовичи	90,0	7,0	-	1,0	67,0	28,0	1,0	-	4,0	7,0	3,0	1,0	-	-	-	42,1	39,2
2. Фаниполь	85,0	7,4	-	-	60,2	29,9	7,6	-	2,3	4,9	-	-	-	-	-	37,0	36,1
3. Новоселки	69,8	5,0	-	-	45,5	22,8	3,2	-	28,5	21,0	2,0	-	-	-	-	38,6	37,8
4. Волма	83,0	13,0	2,0	1,0	35,0	62,0	-	-	3,0	10,0	4,0	-	-	-	-	33,6	30,7
5. Путчино	65,0	27,0	8,0	-	35,0	59,7	-	-	5,3	5,0	0,2	-	-	-	-	37,4	36,1
6. Держинск	16,0	60,0	15,0	1,0	63,0	24,0	6,0	-	7,0	5,1	0,3	12,0	-	-	-	30,5	28,7
7. Петрашевичи	54,0	30,0	15,0	-	54,0	44,0	-	-	5,0	3,2	0,2	10,0	-	-	-	31,6	29,9
8. Шабуневка	7,0	35,0	30,0	8,0	45,0	30,0	10,0	-	15,0	3,1	-	20,0	-	-	-	26,3	24,7
9. Негорелое	-	21,0	33,0	30,0	60,0	21,0	14,0	1,0	4,0	3,4	-	25,0	-	-	-	26,4	25,0
10. Боровое	-	-	19,0	70,0	80,0	14,0	5,0	1,0	-	-	-	23,0	-	-	-	24,6	24,4
Славгородский																	
1а. Лопатичи	-	47,3	31,7	17,6	71,2	22,7	1,7	-	1,7	1,1	1,7	39,7	99,4	0,6	-	29,0	26,2
1б. Ходорово	-	44,4	11,6	30,6	59,8	26,7	9,2	4,2	-	1,5	-	55,6	99,0	1,0	-	31,2	27,3
2. Кульшичи-Иванше-вичи	-	7,6	23,0	52,4	45,7	37,2	12,1	5,0	-	0,6	-	92,5	100,0	-	-	25,4	23,9
3а. Старинка (правобережная)	-	-	14,3	78,8	88,5	4,7	5,8	1,1	-	-	-	100	96,7	3,3	-	20,5	18,9
3б. Старинка (левобережная)	-	-	8,1	83,8	72,1	19,2	5,6	2,6	0,5	-	-	100	96,7	3,3	-	20,5	18,9
4. Славгород	-	56,3	34,9	2,2	42,5	50,7	6,7	-	-	2,3	-	21,6	86,7	12,6	0,7	32,5	27,8
5. Сож с Проней	56,0	-	31,3	-	-	-	-	-	100	-	-	44,0	-	-	-	-	-
6. Свенск-Гайшин	-	18,9	55,9	19,9	55,0	38,4	3,9	0,5	1,3	2,4	0,9	57,9	94,5	5,5	-	25,8	23,4
7а. Ректа	-	46,2	47,8	-	63,8	30,2	5,9	-	-	7,0	-	36,7	91,4	8,6	-	33,4	29,0
7б. Зимница	3,7	51,6	40,8	-	66,1	29,8	3,8	-	-	7,0	-	36,7	91,4	8,6	-	33,4	29,0

Окончание табл.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
		Южная почвенно-экологическая провинция																		
		Добрушский																		
1.	Демьянки	-	1,2	24,8	60,0	36,0	41,0	10,0	-	13,0	-	-	2,0	55,0	-	-	100,0	28,1	17,7	
2.	Ипуть	5,0	-	78,0	17,0	-	-	-	-	100,0	-	-	-	15,0	25,0	10,0	35,0	-	19,5	
3.	Дударево	-	11,0	14,0	64,0	40,0	42,0	12,0	-	6,0	-	-	0,6	46,0	36,0	-	-	26,5	16,3	
4.	Плоское	3,0	5,8	14,2	60,0	26,0	56,0	14,0	-	4,0	-	-	1,3	51,0	35,0	18,0	26,0	29,3	17,8	
5.	Дубецкое	-	9,2	16,8	66,0	49,0	39,0	8,0	-	4,0	-	-	1,4	68,0	28,0	21,0	44,0	28,1	12,4	
6.	Насовичи	7,0	29,5	34,5	21,0	37,0	56,0	7,0	-	-	-	1,2	1,0	31,0	42,0	6,0	4,0	35,1	17,1	
7.	Тереховка	16,0	12,2	50,8	18,0	33,0	65,0	3,0	-	-	-	2,6	1,5	22,0	25,0	-	-	39,6	21,6	
8.	Нивки	-	1,8	19,2	72,0	28,0	65,0	7,0	-	-	-	-	0,3	48,0	-	-	-	26,8	12,7	
		Лунинецкий																		
1.	Чучевичи	-	-	3,0	61,0	3,0	61	26	10	-	-	-	-	91,5	-	-	-	30,2	28,2	
2.	Межлесье	-	-	3,0	51,0	5,0	44	25	-	2	-	-	24	79	30,0	-	-	35,5	32,6	
3.	Богдановка-Лу- нинец	-	4,0	20,0	55,0	10,0	69	6	12	-	-	1,0	3	74	30,0	-	-	25,1	23,9	
4.	Вулька-Микаше- вичи	-	5,0	-	81,0	15,0	66,0	5,0	2,0	10,0	-	0,5	2,0	91,0	60,0	5,4	-	26,8	25,9	
5.	Дубровка	-	-	15,0	28,0	3,0	31,0	30,0	-	3,0	-	-	33,0	66,0	10,0	0,6	-	31,8	26,1	
6.	Припять с Бобри- ком и Случью	7,0	-	36,0	35,0	-	7,0	2,0	-	86,0	-	-	5,0	52,0	-	-	-	-	-	

Районами, представляющими Южную почвенно-экологическую провинцию, выбраны **Добрушский**, характеризующий природные условия предполесских ландшафтов, и **Лунинецкий**, типично полесский район, около 80% сельскохозяйственных земель которого осушены.

Среди выделенных на территории **Добрушского** района 8-ми почвенно-экологических микрорайонов наиболее высоким агропроизводственным потенциалом отличается микрорайон Тереховка, где сосредоточены почвы на маломощных лессовидных супесях, реже суглинках, подстилаемые чаще всего песками, и микрорайон Носовичи с почвами, развивающимися на водно-ледниковых супесях, подстилаемых моренными суглинками. Величина кадастровой оценки пахотных земель колеблется здесь в пределах 35-40 баллов (таблица), что превышает районный (33,8 баллов) и областной (30,5 баллов) уровни. Развитие их интенсивного товарного производства сдерживает радиационная загрязненность территории цезием – микрорайон Носовичи, который полностью загрязнен, микрорайон Тереховка – наполовину.

Пять микрорайонов (Демьянки, Плоское, Дударево, Дубецкое, Нивки), характеризуются достаточно близкими агропроизводственными свойствами. Балл кадастровой оценки их пахотных земель, например, варьирует в интервалах от 26,5 до 29,3, но его природа может быть разная. Так, в микрорайонах Дударево и Дубецкое подобные показатели могут обеспечивать появляющееся местами моренное подстиление почв. В микрорайонах Демьянки, Плоское, Нивки распространены торфяно-болотные почвы низинного типа, часть которых осушена и, естественно, вовлечена в сельскохозяйственный оборот. Однако все эти микрорайоны, за исключением микрорайона Нивки, радиационно загрязнены, притом в значительной степени и обоими радиационными элементами. Так, в пределах территории микрорайонов Плоское и Дубецкое обнаружены все степени загрязненности цезием. Кроме того, около половины площади почв микрорайонов являются дефляционноопасными. Радиационно сильно загрязнен микрорайон Ипуть, куда отнесена аномально развитая пойма р. Ипуть. Таким образом, агроэкологическая обстановка на территории Добрушского района является весьма неблагоприятной, что создает те же проблемы, что и в Славгородском.

В пределах **Лунинецкого** района выделено 6 почвенно-экологических микрорайонов, из которых один приурочен к пойме р. Припяти и ее притоков – Случи и Бобрика. Более высокий агропроизводственный потенциал зафиксирован в микрорайоне Межлесье, который по сути представляет собой осушенную котловину с торфяно-болотными низинного типа и дерновыми заболоченными почвами (Гричинское болото). Именно за счет этих компонентов балл кадастровой оценки выше районного и областного значений, хотя уже четвертая часть площади почв в той или иной степени деградированы (таблица). Микрорайоны Богдановка-Лунинец и Вулька-Микашевичи, расположенные на плоско-волнистой поверхности водораздела, характеризуются близкими показателями кадастровой оценки, например, пахотных земель – 24-26 баллов. В том случае, когда в почвенном покрове нарастает доля торфяно-болотных почв, балл кадастровой оценки земель возрастает до 30-32 (микрорайоны Чучевичи, Дубровка). В микрорайоне Дубровка значительная часть (третья часть площади его почв) деградирована. Почти все микрорайоны Лунинецкого района радиационно загрязнены (в слабой

степени). При этом микрорайоны Дубровка и Вулька-Микашевичи загрязнены помимо цезия и стронцием, а отдельные участки получили среднюю и даже сильную степень загрязненности. Кроме того большинство почв микрорайонов Чучевичи, Межьлесье, Богдановка-Лунинец, Вулька-Микашевичи являются дефляционноопасными.

Агроэкологическая ситуация в пределах Лунинецкого района также является неблагоприятной. Помимо радиационного загрязнения территории, возможной подверженности ее ветровой эрозии, существенную угрозу экологической устойчивости района несет продолжающаяся деградация почвенного покрова в силу его нерационального использования. Более того, определенная часть сельскохозяйственных земель микрорайонов Богдановка-Лунинец и Вулька-Микашевичи уже выведены из сельскохозяйственного оборота.

В целом, проведенные исследования подтвердили действенность и обоснованность применения выработанных принципов и критериев почвенно-экологического микрорайонирования. Результаты исследований, как было показано, предоставляют достаточные основания для определения приоритетного использования и организации территории выделенных микрорайонов. Они позволяют, в частности, выделить микрорайоны, где необходимо почвозащитное земледелие; микрорайоны, где земледелие возможно с осушительной мелиорацией (или реконструкцией мелиоративной сети); микрорайоны, где практически нет ограничений в их сельскохозяйственном использовании; микрорайоны, природу которых целесообразно сохранить в естественном состоянии или использовать в рекреационных целях; микрорайоны, где следует вести лесохозяйственную деятельность; а также микрорайоны, где необходимо сочетание природоохранной и хозяйственной деятельности.

Следует отметить, что за близкими агроэкологическими показателями микрорайонов может стоять разная природная основа и главным образом – различный почвенный покров. Именно с его основными особенностями связан характер хозяйственного использования территории, и во многом – уровень этого использования. В рамках отдельного административного района, однако, это далеко не всегда может быть достоверно обосновано. В целом же тенденция наличия больших различий экономических параметров, свидетельствующая как о разном уровне хозяйственной освоенности, так и о распространении внутри административных районов природных неоднородностей, просматривается по всей территории республики.

В процессе выделения, анализа и составления характеристик почвенно-экологических микрорайонов может сложиться ситуация, когда часть малых по площади микрорайонов может объединяться в более крупные единицы – подрайоны.

В качестве примера можно выделить в Добрушском районе Тереховский подрайон, который можно четко обозначить ограниченным распространением лесовидных пород (микрорайон Тереховка), и примыкающей к нему территории с водно-ледниковыми супесями, подстилаемыми чаще моренными суглинками (микрорайон Носовичи) и соответственно достаточно высокими показателями кадастровой оценки пахотных и сельскохозяйственных угодий. В Дзержинском районе в единый подрайон можно объединить почвенно-экологические микрорайоны,

расположенные на склонах Минской возвышенности (Демидовичи, Новоселки, Волма, Фаниполь, Дзержинск).

Следует подчеркнуть, что существование других подрайонов, приуроченных, как правило, к различным геоморфологическим образованиям, и отличающихся специфическими особенностями почвенного покрова и показателями кадастровой оценки земель, ограничено рамками этих административных районов и за пределами территории этих районов, объединяясь с подобными им образованиями, могут перейти в более крупный ранг, например, район. Очевидно, вопрос обоснования выделения подрайонов, правомерности их существования требует дальнейшего изучения и проработки.

С другой стороны, существующая внутри почвенно-экологических микрорайонов выраженная неоднородность почвенного покрова создает необходимые предпосылки для проведения типизации земель. Она может быть выполнена на уровне административных районов, сельхозпредприятий и даже отдельных участков. В первом случае объединение почв производится преимущественно на основании близости их генетических свойств, что является основным критерием объединения почв в агропроизводственные группы. В этом варианте по сути формируется более краткое и более обобщенное представление о почвенном покрове региона и его особенностях. Во втором случае (сельхозпредприятие) необходимо выделить территорию, относительно единую по природным условиям и в то же время соизмеримую с единицами сельскохозяйственного пользования. Выполнить данную задачу в условиях сложного и контрастного почвенного покрова не всегда представляется возможным.

ВЫВОДЫ

1. Выполненные в ключевых административных районах, характеризующих почвенно-экологические провинции Беларуси, почвенно-экологическое микрорайонирование свидетельствует о большом разнообразии почвенного покрова, показателей агроэкологического состояния, величины производственного потенциала выделенных почвенно-экологических микрорайонов, обуславливающих различные направления их хозяйственного использования.

2. Данные исследования представляют достаточное обоснование о целесообразности и необходимости введения в систему почвенного районирования таксономической единицы «микрорайон». Они позволяют существенно обогатить региональную географию почв, а также усовершенствовать ее методологически и практически.

3. Материалы почвенно-экологического микрорайонирования служат научной основой оптимизации использования земельных ресурсов, они непосредственно отвечают требованиям регионального и локального размещения и специализации сельскохозяйственного производства, обоснования ландшафтно-адаптивных систем земледелия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медведев, А.Г. Характеристика почвенного покрова Белорусской ССР в сельскохозяйственных целях: дис. ... д-ра геогр. наук / А.Г. Медведев. – Минск, 1947. – 700 л.

2. Булгаков, Н.П. Почвенно-географическое районирование Белорусской ССР. М 1:1000 000 / Н.П. Булгаков, В.Н. Четверяков. – Минск, 1952.

3. Почвы Белорусской ССР / Т.Н. Кулаковская [и др.]; под ред. Т.Н. Кулаковской, П.П. Рогового. – Минск, 1973. – 233 с.

4. Критерии выделения таксономических единиц при почвенно-экологическом районировании территории Беларуси: материалы II съезда Белор. об-ва почвоведов, Минск, 25-29 июня 2001 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред Н.И. Сменяна. – Минск, 2001 – С. 229-232.

5. Овсянников, Г.И. Районирование территории Белорусской ССР по условиям механизации сельского хозяйства / Г.И. Овсянников, Ю.П. Качков // Почвенные исследования и применения удобрений: межведомств. тематич. сборник. – Минск: Ураждай, 1980. – С. 53-61.

6. Унукович, А.В. Природно-сельскохозяйственное районирование Белорусской ССР / А.В. Унукович, Ю.П. Качков // Проблемы землеустройства и использования земельных ресурсов в условиях развития агропроизводственного комплекса: сб. науч. трудов ГОСНИИ зем. ресурсы. – М., 1984. – С. 23-37.

7. Качков, Ю.П. Природно-сельскохозяйственное районирование Беларуси: методические подходы, решения, результативность/ Ю.П. Качков, О.Ф. Башкинцева, В.М. Яцухно // Природно-хозяйственные регионы: монография; под ред. А.Н. Витченко. – Минск, 2005. – С. 61-68.

8. Качков, Ю.П. Почвенно-экологическое микрорайонирование и типизация земель как средства и методы обоснования рационального использования и охраны земельных ресурсов / Ю.П. Качков [и др.] // Земля Беларуси. – 2008. – №4. – С. 51-56.

9. Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозивноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации / Институт почвоведения и агрохимии; под общ. ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 54 с.

SOIL-ECOLOGICAL MICRODIVISION AS THE NECESSARY LINK IN THE SYSTEM OF SOIL DIVISION

**A.F. Chernish, J.P. Kachkov, O.F. Bashkinceva,
E.E. Davydik, O.J. Panasjuk**

Summary

The expediency and the necessity of the introduction of the taxonomic unit of soil (soil-ecological) microdistrict into the system of soil division are grounded in the article. There are about 7-11 microdistricts which have been singled out on the territory of the main administrative regions, characterizing the nature of Belarusian Lake District (Poozerie), Central Belarus and Belarusian Polesie. They differ by the structure of soil cover, agroecological characteristics, quantity of the resource-environmental potential and their functional destination.

Поступила 25 марта 2011 г.

УЧЕТ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРИ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬ В БЕЛАРУСИ

Л.И. Шибут, Г.С. Цытрон, В.А. Калюк

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Согласно методике кадастровой оценки земель первичной территориальной единицей оценки являются рабочие участки, в пределах которых выполняются все полевые работы в сельскохозяйственных предприятиях [1]. Главным условием при формировании рабочих участков является однородность почвенного покрова. Установлено, что наибольшая производительная способность земель участка достигается в случае, если он состоит из одной почвенной разновидности или нескольких очень близких по своим свойствам. Однако, при большой естественной мелкоконтурности и значительной пестроте почвенного покрова, характерной для многих районов республики, выделить одинаковые по почвам рабочие участки часто не представляется возможным [2]. Наличие же на рабочем участке почв, значительно различающихся по их свойствам, затрудняет технологию возделывания сельскохозяйственных культур, вызывает вынужденное нарушение агротехники в связи с различными сроками созревания почв и возделываемых культур, что приводит к снижению продуктивности последних на этих почвах по сравнению с их производительной способностью в условиях гомогенного почвенного покрова. Поэтому при проведении кадастровой оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси к средневзвешенному баллу почв участка вводятся поправочные коэффициенты на неоднородность почвенного покрова.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований явилась неоднородность почвенного покрова, как фактор, влияющий на производительную способность почв отдельно обрабатываемых рабочих участков сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств.

Исследования выполнены на основе сбора, систематизации и анализа данных по изучению структуры почвенного покрова (СПП), ее количественных характеристик (сложности, контрастности, неоднородности) и их влияния на производительную способность почв рабочих участков.

В качестве характеристики неоднородности почвенного покрова предлагается использовать степень различия почв, входящих в участок, по их свойствам (то есть их контрастность), с учетом площадей почв, отличающихся от преобладающей на участке.

Распределение почв по группам в шкале контрастности проведено на основании обобщения материалов последнего (третьего) тура крупномасштабного картографирования и новой классификации почв Беларуси [3, 4].

Величина поправочного коэффициента определялась путем выборки и группировки участков с одинаковыми условиями сельскохозяйственного производства, но значительно различающимися количественными показателями неоднородности почвенного покрова, и их сравнения по урожайности культур, полученной на этих участках.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по изучению СПП на территории бывшего СССР и в нашей республике получили широкое распространение в 70-80-х годах прошлого столетия [5-11]. Были разработаны методы изучения СПП, даны определения ее таксономических и территориальных единиц, определены названия почвенных комбинаций, методы изображения их на почвенных картах, выявлены их количественные характеристики: сложность, контрастность, неоднородность. Было установлено, что производительная способность земель зависит не только от состава почвенного покрова на участке, но и от частоты и характера их пространственной смены и чередования, от различий свойств соседствующих почв. Анализ количественных характеристик СПП показал, что неоднородность почвенного покрова, как комбинированный показатель сложности и контрастности, в большей степени определяется контрастностью. Поэтому она и была выбрана нами для характеристики неоднородности почвенного покрова в целом и разработки поправочных коэффициентов для оценки.

С этой целью была разработана шкала контрастности почв по трем основным характеристикам наиболее важным для почв Беларуси: типовой принадлежности, степени увлажнения и гранулометрическому составу. В шкале все почвы по указанным выше характеристикам объединены в 5 групп. Характеристики почв в шкале контрастности приняты условно равноценными и показатель контрастности внутри каждой из них изменяется от 0 до 4 (рис. 1). Контрастность двух почв по каждой из характеристик определяется на пересечении вертикальной и горизонтальной линий, соответствующим этим почвам. Она может быть также определена как разница порядковых номеров сравниваемых почв в шкале контрастности.

Средневзвешенный показатель контрастности по участку, установленный исходя из площадей почв, входящих в него, и их контрастности по сравнению с преобладающей на участке назван нами индексом неоднородности (*И_н*). Он определяется делением на общую площадь этого участка суммы произведений площадей почвенных разновидностей на показатели контрастности их характеристик по отношению к преобладающей по каждой из них (тип, увлажнение, гранулометрический состав). Эта зависимость выражается следующей формулой:

$$И_{н\ уч.} = \frac{\sum S_i \times Пк_i}{S_{уч.}}, \quad (1)$$

где *И_{н_{уч.}}* – индекс неоднородности по участку; *S_i* – площадь *i*-той почвенной разновидности; *Пк_i* – показатель контрастности *i*-той почвенной разновидности по отношению к преобладающей по каждой из характеристик; *S_{уч.}* – площадь участка.

Почвенные ресурсы и их рациональное использование

					<u>Тип почв</u>	
1	2	3	4	5		
0	1	2	3	4	1	1. Агродерново-подзолистые, агродерново-подзолистые заболочиваемые
1	0	1	2	3	2	2. Агродерново-карбонатные, агродерновые заболочиваемые
2	1	0	1	2	3	3. Агроаллювиальные дерновые и дерновые заболочиваемые
3	2	1	0	1	4	4. Дегроторфоземы
4	3	2	1	0	5	5. Агроторфяные

					<u>Увлажнение</u>	
1	2	3	4	5		
0	1	2	3	4	1	1. Автоморфные, оглеенные внизу, к контактно-ogleенные
1	0	1	2	3	2	2. Слабоглееватые (временно избыточно увлажняемые)
2	1	0	1	2	3	3. Глееватые
3	2	1	0	1	4	4. Глеевые
4	3	2	1	0	5	5. Гидроморфные (торфяные, дегроторфоземы)

					<u>Гранулометрический состав, мощность торфа</u>	
1	2	3	4	5		
0	1	2	3	4	1	1. Песчаные
1	0	1	2	3	2	2. Супесчаные
2	1	0	1	2	3	3. Суглинистые
3	2	1	0	1	4	4. Торфяно-глеевые и дегроторфоземы торфяно-минеральные
4	3	2	1	0	5	5. Торфяные (более 0,5 м)

Примечание: 1. Все осушенные почвы по увлажнению приравниваются к автоморфным.
 2. Дегроторфоземы минеральные остаточно-торфяные и минеральные постторфяные по гранулометрическому составу относятся в соответствующие группы минеральных почв.

Рис. 1. Шкала контрастности почв по их характеристикам

Экспериментальным путем установлено, что индекс неоднородности может изменяться от 0 (если участок состоит из одной почвенной разновидности) до 6 условных единиц (при максимальных различиях показателей контрастности по всем характеристикам почв и максимальной площади контрастных почв по сравнению с преобладающей). Этот интервал разбит на 10 групп по степени неоднородности, для которых и установлены поправочные коэффициенты, используемые при кадастровой оценке земель (табл. 1). Поправочные коэффициенты дифференцированы по культурам: одну группу составляют зерновые, пропашные, лен, другую – многолетние травы. Максимальное снижение балльной оценки за счет неоднородности почвенного покрова для первой группы культур может достигать 15%, для второй – 10%.

Для целей практического использования рассмотрим пример расчета индекса неоднородности почв по отдельному рабочему участку. По компонентному составу почвенного покрова и площадям почв участок характеризуется следующими данными (табл. 2, пример условный).

Таблица 1

Поправочные коэффициенты на неоднородность почвенного покрова

Индекс неоднородности	Степень неоднородности	Сельскохозяйственные культуры		
		в среднем	зерновые, пропашные, лен	многолетние травы
0,00...0,10	0	1,00	1,00	1,00
0,11...0,60	1	0,992	0,99	1,00
0,61...1,20	2	0,982	0,98	0,99
1,21...1,80	3	0,972	0,97	0,98
1,81...2,40	4	0,954	0,95	0,97
2,41...3,00	5	0,936	0,93	0,96
3,11...3,60	6	0,918	0,91	0,95
3,61...4,20	7	0,900	0,89	0,94
4,21...5,00	8	0,880	0,87	0,92
5,01...6,00	9	0,860	0,85	0,90

Таблица 2

Расчет индекса неоднородности почвенного покрова по рабочему участку

Почвенные разновидности	Площадь, га	Контрастность почв									Суммарное произведение площади на контрастность
		по типам			по увлажнению			по грансоставу			
		№ по шкале контрастности	по сравнению с преобладающей	произведение площади на контрастность	№ по шкале контрастности	по сравнению с преобладающей	произведение площади на контрастность	№ по шкале контрастности	по сравнению с преобладающей	произведение площади на контрастность	
Агродерново-подзолистые песчаные	8,4	1	0	-	1	1	8,4	1	1	8,4	16,8
Агродерново-подзолистые слабogleеватые рыхлосупесчаные	15,7	1	0	-	2	0	-	2	0	-	-
Агродерново-подзолистые глееватые связносупесчаные	12,1	1	0	-	3	1	12,1	2	0	-	12,1
Агродерново-глеевые суглинистые	10,3	2	1	10,3	4	2	20,6	3	1	10,3	41,2
Агроторфяные низинные маломощные осушенные	6,7	5	4	26,8	1	1	6,7	5	3	20,1	53,6
Всего	53,2										124,0

Примечание: 1,2 – фоновые почвы

Для всех почвенных разновидностей, входящих в участок, по типам, увлажнению, гранулометрическому составу, согласно шкале (рис. 1) устанавливаются показатели контрастности почв, которые соответствуют их порядковому номеру в шкале и записываются в графы 3, 6, 9 (табл. 2). Определяются также преобладающие почвенные разновидности (наибольшие по площади): по типам это разновидности под №1 (так как в шкале они входят в одну группу), по увлажнению – под №2, по гранулометрическому составу – также под №2. Далее устанавливается степень контрастности каждой почвенной разновидности по сравнению с преобладающей, которая представляет собой разницу их показателей контрастности. Так, например, по типам почв в шкале контрастности агроторфяные низинные почвы имеют порядковый номер 4, преобладающая разновидность – порядковый номер 1. Степень контрастности их составляет 3 (4-1). Таким образом определяется контрастность всех почв по всем характеристикам. Полученные результаты записываются в графы 4, 7, 10. Затем каждый из полученных показателей контрастности по сравнению с преобладающей почвой умножается на площадь соответствующих почв (графа 2) и записывается в графы 5, 8, 11. Все произведения суммируются (графа 12) и по формуле (1) определяется индекс неоднородности почвенного покрова по участку. По данному участку он равен 2,33 (124,0:53,2). По таблице 1 находим, что оцениваемый участок имеет 4-ую степень неоднородности и поправочный коэффициент к баллу почв для зерновых, пропашных и льна равен 0,95, для многолетних трав – 0,97 (в среднем 0,954).

На основании поправочных коэффициентов на неоднородность почвенного покрова по рабочим участкам при необходимости можно рассчитать средневзвешенные показатели по более крупным административно-территориальным и хозяйственным единицам: хозяйствам, районам, областям и в целом по республике. Согласно материалов предыдущего тура кадастровой оценки поправочный коэффициент на неоднородность почвенного покрова в среднем по пахотным землям республики составил 0,989, а снижение балльной оценки за счет неоднородности равно 0,5 балла [12]. Максимальное же снижение балльной оценки (0,8 балла) характерно для Любанского и Стародорожского районов Минской области. Значительное снижение (0,7 балла) отмечается в некоторых районах Витебской (Браславский, Бешенковичский, Глубокский) и Брестской (Ганцевичский, Кобринский, Лунинецкий) областей, а также в Пуховичском, Слуцком и Солигорском районах Минской области.

Установление индекса неоднородности имеет важное практическое значение, так как он позволяет сделать заключение о правильности формирования рабочих участков. Например, если индекс неоднородности по участку составляет более 50% от максимально возможного (т. е. более 3), то этот участок рекомендуется разделить на два самостоятельных участка с учетом пригодности почв для возделывания сельскохозяйственных культур. Однако при этом необходимо учитывать и его площадь. Если площадь участка будет небольшой, тогда снижение на контурность вновь образованных участков, будет больше, чем снижение на неоднородность этого участка до его деления [1]. В результате суммарная производительная способность вновь образованных участков будет ниже, чем производительная способность этого участка до его деления.

Таблица 3
Фрагмент шкалы оценочных баллов почв пахотных земель (с показателями контрастности почв)

Почвенные разновидности	Мелиоративное состояние*	Балл пахотных земель (средний)	в том числе под сельскохозяйственные культуры								Показатели контрастности почв		
			озимая рожь	озимая пшеница	озимое трити-кале	яровая пшеница	ячмень	овес	кукуруза	много-летние боб.-зл. травы	тип почв	уваж-ненные	гранулометри-ческий состав
Агродерново-подзолистые легкосугглинистые мощные	0	72,3	71	75	73	75	73	71	68	72	1	1	3
Агродерново-подзолистые связносулпесчаные, подстилаемые суглинком	0	68,6	68	70	69	67	69	66	67	68	1	1	2
Агродерново-подзолистые рыхлосулпесчаные, подстилаемые песком	0	42,7	48	41	44	39	43	49	43	38	1	1	2
Агродерново-подзолистые связнопесчаные на мощных песках	0	30,2	37	28	32	26	28	39	32	25	1	1	1
Агродерново-подзолистые слабоглееватые легкосугглинистые мощные	1	72,6	71	75	73	74	73	71	68	72	1	1	3
Агродерново-подзолистые глееватые связносулпесчаные, подстилаемые суглинком	0	68,6	64	67	68	72	73	69	66	70	1	2	3
Агродерново-подзолистые глееватые связносулпесчаные, подстилаемые суглинком	1	65,2	61	63	62	69	70	68	64	66	1	1	2
Агродерново-подзолистые глееватые связносулпесчаные, подстилаемые суглинком	0	37,6	33	36	37	42	43	44	33	42	1	3	2
Агродерново-подзолистые глееватые связнопесчаные на мощных песках	1	30,7	39	29	34	29	31	38	29	26	1	1	1
Агродерново-подзолистые глееватые легкосугглинистые мощные	0	17,2	18	17	17	17	18	20	15	20	1	4	1
Агроаллювиальные дерново-глеевые на супесчаном аллювии	1	77,4	71	74	76	80	81	79	76	58	2	1	3
Агроаллювиальные дерново-глеевые на супесчаном аллювии	0	45,1	39	42	41	48	47	50	38	77	2	3	3
Агроорфанные низинные мощные	1	50,1	41	39	40	55	58	59	51	57	3	1	2
Дегроторфоземы торфяно-минеральные, подстилаемые песком	0	20,6	18	17	17	19	20	22	18	35	3	4	2
Агроорфанные низинные мощные	1	65,8	62	60	61	64	66	68	65	68	5	1	5
Дегроторфоземы торфяно-минеральные, подстилаемые песком	1	39,3	49	44	46	48	50	53	46	49	4	1	4

*Мелиоративное состояние: 1 – осушенные (остаточно-оглеенные), 0 – неосушенные.

При проведении кадастровой оценки земель показатели контрастности почв включены в шкалу оценочных баллов, фрагмент которой представлен в таблице 3. В полной шкале, разработанной для очередного тура кадастровых землеоценочных работ, приводятся баллы под все основные сельскохозяйственные культуры возделываемые в республике (16 культур или их групп), а показатели контрастности почв представлены для всех почвенных разновидностей, включенных в шкалу (332 разновидности) [13]. При подготовке исходной информации для оценки по каждому рабочему участку приводится перечень компонентов структуры почвенного покрова и их площади, которые и используются для расчета индекса неоднородности почв, а, следовательно, и поправочного коэффициента на неоднородность почвенного покрова.

ВЫВОДЫ

1. Неоднородность почвенного покрова является одним из факторов, лимитирующих использование пахотных земель, а потому и учитываемых при проведении землеоценочных работ в Беларуси. Учет влияния неоднородности на производительную способность почв осуществляется посредством введения снижающих поправочных коэффициентов к баллу почв, установленному по шкале, в зависимости от степени неоднородности почвенного покрова.

2. В качестве характеристики неоднородности почвенного покрова принята контрастность почв (то есть степень различия почв, входящих в участок, по их основным характеристикам – типовой принадлежности, степени увлажнения и гранулометрическому составу), с учетом площадей почв, отличающихся от преобладающей на участке.

3. Поправочные коэффициенты на неоднородность почвенного покрова установлены для 10 групп почв по степени неоднородности и для двух групп сельскохозяйственных культур: одну группу составляют зерновые, пропашные, лен, другую – многолетние травы. Максимальное снижение балльной оценки за счет неоднородности почвенного покрова для первой группы культур составляет 15%, для другой – 10%.

4. Согласно материалам предыдущего тура кадастровой оценки земель средневзвешенный поправочный коэффициент на неоднородность почвенного покрова пахотных земель республики равен 0,989, а снижение балльной оценки – 0,5 балла. Максимальное снижение по районам составило 0,8 балла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственных предприятий: метод. указания / Г.И. Кузнецов [и др.]; Гос. ком. по земельным ресурсам, геодезии и картографии Республики Беларусь. – Минск, 2001. – 116 с.

2. Радченко, Н.В. Контурность пахотных земель Беларуси и ее учет при качественной оценке земель / Н.В. Радченко // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №1(42). – С. 65-72.

3. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смяяна. – Мн.: Оргстрой, 2001. – 432 с.

4. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 220 с.

5. Фридланд, В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. – М.: Мысль, 1972. – 423 с.

6. Годельман, Я.М. Неоднородность почвенного покрова и использование земель / Я.М. Годельман. – М.: Наука, 1981. – 200 с.

7. Романова, Т.А. Структура почвенного покрова Белорусского Полесья / Т.А. Романова [и др.] // Проблемы Полесья. – Минск: Наука и техника, 1975. – Вып. IV. – С. 187-201.

8. Качков, Ю.П. Опыт количественной характеристики структуры почвенного покрова Белорусского Поозерья / Ю.П. Качков // Почвенные исследования и применение удобрений. – Минск, 1977. – Вып.8. – С. 21-27.

9. Никитина, А.Н. Шкала контрастности почв БССР / А.Н. Никитина // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. – М.: Наука. – 1978. – С. 52-57.

10. Романова, Т.А. Интенсификация земледелия в условиях неоднородности почвенного покрова. На примере колхозов и госхозов БССР / Т.А. Романова [и др.]. – Минск.: БелНИИНТИ, 1988. – 44 с.

11. Шибут, Л.И. Теоретические основы внутрихозяйственной бонитировки почв Белорусской ССР по их пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Л.И. Шибут; БелНИИПА. – Минск., 1991. – 18 с.

12. Шибут, Л.И. Роль различных факторов в оценке плодородия пахотных земель Беларуси / Л.И. Шибут, Н.В. Радченко // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №1(38). – С. 47-54.

13. Цытрон, Г.С. К вопросу новой кадастровой оценки земель в Беларуси / Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26-30 июля 2010 г.: в 2 ч. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. Ч. I. – С. 186-188.

TAKING INTO ACCOUNT THE HETEROGENEITY OF SOILS COVER AT A CADASTRAL VALUATION OF LANDS IN BELARUS

L.I. Shibut, G.S. Tsytron, V.A. Kalyuk

Summary

The article presents the methodology of taking into account the heterogeneity of soils cover at a cadastral valuation of lands and their inventory in Belarus. Heterogeneity is taken into account by introducing a correction coefficient to point of soils of work area, which was a set on evaluation point scale. Coefficients are differentiated depending on the degree of heterogeneity (10 groups) and crops (2 groups).

Поступила 3 февраля 2011 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В ДИАГНОСТИКЕ СТЕПЕНИ ИХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Г.С. Цытрон¹, Т.В. Бубнова¹, С.В. Дробыш², Е.В. Горбачева³

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Проектный институт «Белгипрозем», г. Минск, Беларусь

³Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В условиях интенсивной сельскохозяйственной деятельности, характерной для территории Республики Беларусь, качественное состояние компонентов почвенного покрова подвергается весьма существенным изменениям. Одним из этих изменений, является направление, ведущее к окультуриванию почв и образованию агроземов культурных [1]. К настоящему времени многочисленными исследованиями доказано, что при окультуривании почв дерново-подзолистого типа почвообразовательный процесс, протекающий в них, приобретает совершенно другое направление, чем зональный [1, 2, 4, 5]. Следовательно, и формирование профиля почв, как системы горизонтов, основным морфологическим признаком которых является цвет, будет отличным от зонального, что и должно быть зафиксировано не только визуально, но и инструментально, с использованием данных спектральной отражательной способности.

В основе спектрофотометрического метода определения цвета лежит измерение прибором интенсивности и спектрального состава излучений, отраженных от объекта. Отраженный от природного образования свет позволяет получать более достоверную информацию о структуре его поверхностных слоев. Поэтому целью наших исследований являлось установление особенностей строения профилей почв различной степени окультуренности исходя из основных спектрофотометрических коэффициентов и вида кривых спектрального отражения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований явились автоморфные агродерново-подзолистые почвы легкосуглинистого гранулометрического состава, представленные тремя разрезами (1М-04; 2М-04 и 3М-04), заложенными на пахотных землях СПК «Щемяслица» Минского района (стационар №2 РУП «Институт почвоведения и агрохимии») и одним разрезом (1А), характеризующим агрозем культурный легкосуглинистый, который заложен в ОАО «Гастелловское» Минского района:

- ▶ разрез 1М-04, агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, слабоокультуренная, легкосуглинистая;
- ▶ разрез 2М-04, агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, среднеокультуренная, легкосуглинистая;

- ▶ разрез 3М-04, агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, хорошоокультуренная, легкосуглинистая;
- ▶ разрез 1А, агрозем культурный типичный, развивающийся на мощном лессовидном суглинке, легкосуглинистый.

Кривые спектрального отражения почв регистрировались на спектрофотометре СФ-18. Отписывали спектрограмму, на основании которой с помощью формул И.И. Карманова [3], выведенных с учетом роли основных почвенных красителей в формировании отражательных свойств, рассчитывали величины коэффициентов: ЦУ (коэффициент цветности по оси У), КО (интегральный коэффициент отражения), ОПС (коэффициент относительного поглощения света), КД (коэффициент дифференциации профиля).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Воздействие человека на почву, прежде всего, ведет к изменению ее морфологического строения, что отчетливо видно из описания разрезов.

Разрез 1М-04 заложен на территории стационара №2 (27 делянка), зябь, водное питание – атмосферное.

- Р(Ап)(0-23 см) – агрогумусовый (пахотный) горизонт светло-серого цвета с палевым оттенком и белесыми пятнами припаханного горизонта, отчетливо видна запаханная стерня, свежий, почти рыхлый, в нижней части уплотненный, непрочной мелкокомковатой структуры, переход в нижележащий горизонт резкий, почти ровной линией, суглинок легкий;
- Е(А₂)(23-47 см) – элювиальный горизонт, палевый, в верхней части (2-3 см) сильно осветлен, по ходам червей сильные потеки гумуса, свежий, уплотненный, чешуйчато-плитчато-пластинчатой структуры, переход заметный, суглинок легкий;
- ЕВ₁(А₂В₁)(47-69см) – элювиально-иллювиальный горизонт белесовато-палевого цвета, окраска неоднородная, свежий, плотный, листовато-пластинчатой структуры, переход заметный, суглинок легкий;
- ВТ(69-105 см) – иллювиальный горизонт бурого цвета, окраска однородная, влажный, плотный, глыбистой структуры, переход постепенный, суглинок легкий;
- ВСg(105-150 см) – переходный к материнской породе горизонт, бурый с ржавыми пятнами, влажный, плотный, глыбистой структуры, суглинок легкий.

Определение почвы: агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, слабоокультуренная, легкосуглинистая (дерново-палево-подзолистая слабоокультуренная легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке [8]).

Разрез 2М-04 заложен на территории стационара №2 (35 делянка), зябь. Занимает нижнюю часть пологого склона.

- Р(Ап)(0-30 см) – агрогумусовый (пахотный) горизонт, серый с палевым оттенком, с отдельными марганцовистыми пунктациями, отчетливо видна запаханная стерня, свежий, почти рыхлый, более уплотнен в нижней части, мелкокомковатой достаточно прочной структуры, переход в нижележащий горизонт резкий, почти ровной линией, суглинок легкий;

- $E(A_2)$ (30-47 см) – элювиальный горизонт белесого цвета с грязновато-палевым оттенком, с частыми марганцовистыми пунктациями, свежий, уплотненный, чешуйчато-пластинчатой структуры, переход постепенный, затечный, суглинок легкий;
- $EB_1(A_2B_1)$ (47-66см) – элювиально-иллювиальный горизонт белесовато-бурого цвета, свежий, плотный, плитчато-пластинчатой структуры, переход заметный, размытой линией, суглинок легкий;
- BT (66-104 см) – иллювиальный горизонт бурого цвета с белесыми затеками по граням структурных отдельностей в верхней части горизонта, с отдельными охристо-ржавыми прожилками, влажный, плотный, ореховато-пластинчатой структуры, переход постепенный, суглинок легкий;
- BCg (104-150 см) – переходный к материнской породе горизонт, бурый со ржаво-охристыми налетами, влажный, плотный, глыбистой структуры, суглинок легкий.

Определение почвы: агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, среднеокультуренная, легкосуглинистая (дерново-палево-подзолистая среднеокультуренная легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке).

Разрез 3М-04 заложен на территории стационара №2 (15 делянка), зябь. Занимает верхнюю часть пологого склона.

- $P(Aп)$ (0-32 см) – агрогумусовый (пахотный) горизонт серого цвета с палевым оттенком однородной окраски, отчетливо видна запаханная стерня, свежий, рыхлый, в нижней части более уплотненный, зернисто-комковатой структуры, переход заметный, почти ровной линией, суглинок легкий;
- $AE(A_1A_2)$ (32-51 см) – гумусово-элювиальный горизонт, палево-серый с белесоватым оттенком, свежий, уплотненный, мелкокомковатой структуры, переход заметный, затеками, суглинок легкий;
- $EB_1(A_2B_1)$ (51-72см) – элювиально-иллювиальный горизонт, белесовато-бурый, неоднородной окраски, свежий, уплотненный, пластинчато-чешуйчатой структуры, переход заметный, суглинок легкий;
- BT (72-105 см) – иллювиальный горизонт, бурого цвета, в верхней части с отдельными белесыми пятнышками по граням структурных отдельностей, свежий, плотный, глыбисто-пластинчатой структуры, переход постепенный, суглинок легкий;
- BCg (105-150 см) – переходный к материнской породе горизонт, бурого цвета с ржавыми пятнами, влажный, плотный, глыбистой структуры, суглинок легкий.

Определение почвы: агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, хорошоокультуренная, легкосуглинистая (дерново-палево-подзолистая хорошоокультуренная легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке).

Разрез 1А заложен в средней части пологого склона в 200 метрах восточнее дороги Минск-Скориничи на пашне с посевами озимой ржи, 800 м южнее д. Сеницы.

- PK(Aп)(0-50 см) – агрокультурный (пахотный) горизонт темно-серого цвета, свежий, уплотненный, зернисто-мелкокомковатой структуры, переход ясный, почти ровной линией, суглинок легкий;
- BT(50-65 см) – иллювиальный горизонт желто-бурого цвета, черные пятна пахотного горизонта по ходам дождевых червей, свежий, более плотный, чем вышележащий горизонт, ореховато-комковатой структуры, переход постепенный, суглинок легкий;
- BT(65-102 см) – иллювиальный горизонт светло-бурого цвета, свежий, уплотненный, ореховато-пластинчатой структуры, переход заметный, суглинок легкий;
- C(102-170 см) – материнская почвообразующая порода буровато-желтого цвета со множеством горизонтальных белесых зебровидных прослоек, влажный, уплотненный, суглинок легкий.

Определение почвы: агрозем культурный типичный, развивающийся на мощном лессовидном суглинке, легкосуглинистый.

Вначале следует отметить, что мощность агрогенно-преобразованных горизонтов исследуемых почв изменяется от 23 см в слабокультуренной почве до 50 см в агроземе культурном.

Таблица 1

Показатели спектральной отражательной способности почв

Почва	Наименование горизонта и глубина отбора образца (см)	Гу-мус, %	Спектрофотометрические коэффициенты			
			ЦУ	КО	ОПС	КД
Агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, слабокультуренная, легкосуглинистая (разрез 1М-04)	P(Aп) (5-15)	1,49	12,8	37,9	10,9	3,7
	E(A ₂) (23-33)		13,9	49,1	7,3	3,1
	EB(A ₂ B ₁) (55-65)		20,3	44,0	8,8	4,6
	BT (75-85)		23,9	41,1	9,7	5,9
	BC (120-130)		20,8	42,9	9,1	5,2
Агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, среднекультуренная легкосуглинистая (разрез 2М-04)	P(Aп) (5-15)	1,81	11,1	36,0	11,7	3,4
	E(A ₂) (30-40)		13,8	46,1	8,0	3,3
	EB(A ₂ B ₁) (50-60)		23,0	41,6	9,5	4,9
	BT(75-85)		22,1	39,8	10,2	5,4
	BC (120-130)		24,1	42,1	9,4	6,1
Агродерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, хорошокультуренная легкосуглинистая, (разрез 3М-04)	P(Aп) (5-15)	2,12	11,7	35,5	12,0	3,6
	AE (A ₁ A ₂) (35-45)		14,1	42,1	9,4	3,7
	EB(A ₂ B ₁) (60-70)		17,4	42,0	9,4	4,5
	BT (90-100)		23,6	39,0	10,5	5,8
	BC (120-130)		22,1	39,8	10,2	5,4
Агрозем культурный типичный, развивающийся на мощном лессовидном суглинке, легкосуглинистый (разрез 1А)	PK(Aп) (5-15)	3,70	11,7	30,2	14,8	3,2
	PK(Aп) (35-45)		12,1	30,9	14,3	3,7
	BT (50-60)		20,9	40,6	9,9	5,8
	BT (85-95)		21,7	40,8	10,0	5,5
	C(120-130)		24,8	39,6	10,3	5,7

О степени преобразования агродерново-подзолистых почв в процессе окультуривания можно судить рассматривая профиль в целом. К настоящему време-

ни рядом исследователей, в том числе и И.И. Кармановым [3], установлено, что для элювиального горизонта E (A₂) дерново-подзолистых почв характерны самые низкие значения в профиле коэффициента дифференциации профиля (КД) и коэффициента относительного поглощения света (ОПС), указывающие на четкую дифференциацию верхней части профиля на три генетических горизонта (гумусовый, элювиальный, иллювиальный).

Результаты проведенных нами исследований показывают, что на основании показателей коэффициентов интегрального отражения (КО), относительного поглощения света (ОПС) и коэффициента дифференциации профиля (КД) в профиле агродерново-подзолистых слабокультуренной и среднекультуренной почв хорошо диагностируется элювиальный горизонт E (A₂): значения ОПС и КД минимальны по профилю (ОПС – 7,3 и 8,0 и КД 3,1 и 3,3), а КО – максимально (49,1 и 46,1). В хорошоокультуренной почве элювиальный горизонт выражен фрагментарно, то есть на глубине 35–45 см совместно с гумусовым горизонтом, а на глубине 60–70 см с иллювиальным. Нечеткое выделение элювиального горизонта в хорошоокультуренной почве подтверждают и спектрофотометрические коэффициенты. Элювиально-иллювиальный горизонт EB уже имеет значения ЦУ и КД близкие к иллювиальному горизонту (17,4 и 4,5), а интегральный коэффициент отражения (КО) в обоих горизонтах имеет более низкие значения (КО – 42,0 и 42,1), чем значения характерные для элювиальных горизонтов легкосуглинистых почв. В профиле агрозема культурного дифференциация, характерная для агродерново-подзолистых почв вообще исчезает, о чем свидетельствуют практически не изменяющиеся на глубину до 50 см КО (30,2 и 30,9); ЦУ (11,7 и 12,1) и КД (3,2, 3,7) в агрокультурном горизонте, а в иллювиальном горизонте с глубины 55–65 см значения коэффициентов ЦУ и КД возрастают примерно в 2 раза (ЦУ – 20,9, 21,7, 24,8; КД – 5,8, 5,5, 5,7) (табл. 1.). То есть в процессе окультуривания при формировании агроземов культурных элювиально-иллювиальный характер строения профиля агродерново-подзолистых почв трансформируется в органо-аккумулятивный.

Об этом также четко свидетельствуют и кривые спектрального отражения, представленные на рисунках 1–4.

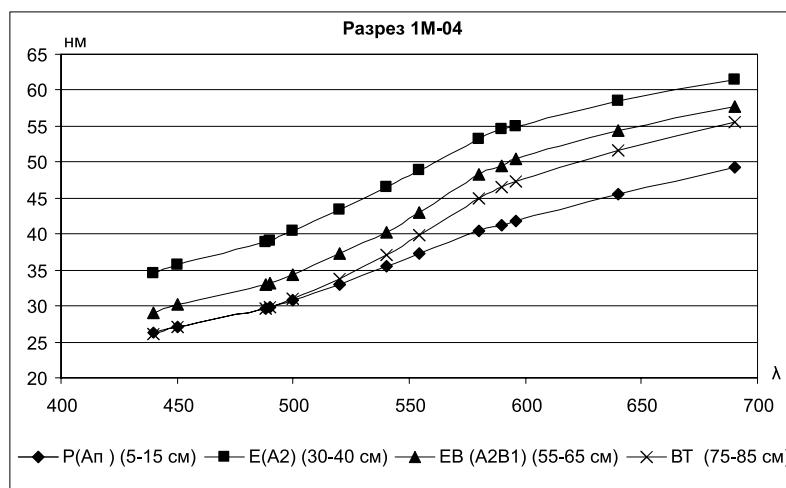


Рис. 1. Кривые спектрального отражения горизонтов профиля слабокультуренной почвы

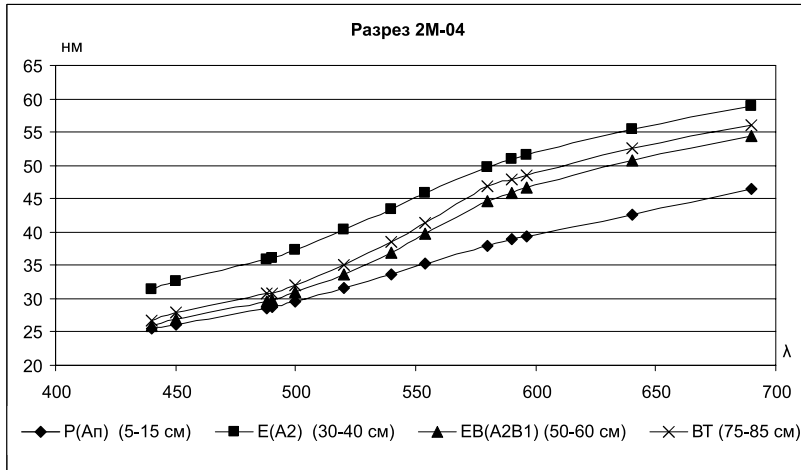


Рис. 2. Кривые спектрального отражения горизонтов профиля среднекультуренной почвы

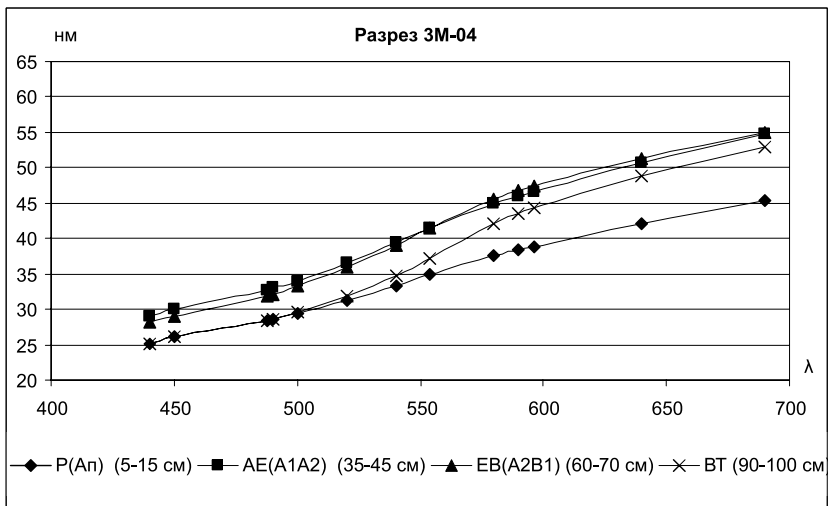


Рис. 3. Кривые спектрального отражения горизонтов профиля хорошокультуренной почвы

Спектральные кривые агрогумусовых горизонтов агродерново-подзолистых слабо-, средне-, хорошокультуренных легкосуглинистых почв и агрокультурного горизонта агрозема медленно и плавно, без резкого подъема, поднимаются от коротких волн к длинным, то есть от 440 до 750 нм. Однако, в зависимости от содержания гумуса, спектрофотометрическая кривая агрогумусового горизонта слабокультуренной почвы находится выше, чем спектрофотометрические кривые средне- и хорошокультуренной почв. Самое низкое расположение кривой имеет агрокультурный горизонт агрозема, даже на глубине 35–45 см она ниже, чем кривых агрогумусовых горизонтов агродерново-подзолистых почв разной степени окультуренности.

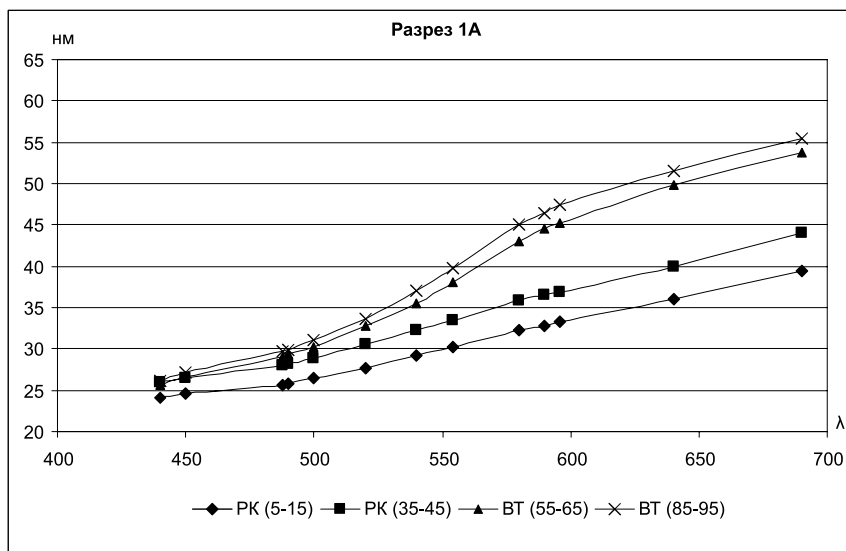


Рис. 4. Кривые спектрального отражения горизонтов профиля агрозема культурного

Кривые спектрального отражения подпахотных горизонтов агродерново-подзолистых слабо- и среднекультуренных легкосуглинистых почв довольно быстро поднимаются от коротких волн к длинным. Такие кривые наблюдаются при спектральном отражении элювиальных горизонтов [6]. То есть расположение кривых подпахотных горизонтов слабо- и среднекультуренных почв свидетельствует о наличии под агрогумусовым горизонтом элювиального. Спектральная кривая подпахотного горизонта хорошоокультуренной легкосуглинистой почвы располагается ниже, чем кривые элювиальных горизонтов слабо- и среднекультуренных почв, а агрозема культурного имеет вид кривой, характерной для иллювиальных горизонтов.

Кривые иллювиальных горизонтов (BT) имеют идентичное расположение у всех почв. У них четко прослеживается перегиб (подъем) в области длин волн от 450 до 600 нм [6].

Таким образом, данные спектральной отражательной способности почв подтверждают, что в процессе интенсивного и целенаправленного окультуривания агродерново-подзолистые почвы теряют свои классификационно-диагностические признаки и на их месте идет формирование новых почв, которые в классификации почв Беларуси [7] выделены на уровне самостоятельного типа – агроземы культурные.

ВЫВОДЫ

Результаты исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Спектральные кривые агрогумусовых горизонтов агродерново-подзолистых слабо-, средне-, хорошоокультуренных легкосуглинистых почв и агрокультурного горизонта агрозема медленно и плавно, без резкого подъема, поднимаются от коротких волн к длинным, однако, в зависимости от содержания гумуса имеют разное расположение.

2. Кривые подпахотных горизонтов также имеют свои диагностические признаки: в агродерново-подзолистых слабо- и среднеокультуренных легкосуглинистых почвах кривые спектрального отражения довольно высоко и быстро поднимаются от коротких волн к длинным и указывают на наличие здесь элювиальных горизонтов, спектральная кривая подпахотного горизонта хорошоокультуренной легкосуглинистой почвы располагается несколько ниже, а в агроземе культурном имеет вид кривой, характерной для иллювиальных горизонтов.

3. Кривые иллювиальных горизонтов (ВТ) всех исследуемых почв имеют четко выраженный перегиб (подъем) в области длин волн от 450 до 600 нм.

Таким образом, полученные данные по спектральной отражательной способности могут быть использованы при диагностике степени окультуренности исследованных почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркуш, И.Ф. Окультурирование почв как современный этап почвообразования. – Горки, 1956. – 202 с.
2. Григорьев, Г.И. Диагностические показатели дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности // Почвоведение. – 1960. – №6. – С. 53-65.
3. Карманов, И.И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств / И.И. Карманов. – М.: Колос, 1974. – 351с.
4. Коротков, А.А. Характер почвообразовательного процесса и свойства дерново-подзолистых почв при интенсивном их окультурировании // Окультурирование почв нечерноземной зоны в условиях ускоренной интенсификации сельского хозяйства. – Л., 1977. – С.12-16.
5. Муха, В.Д. Почвообразовательный процесс и окультурирование почв / В.Д. Муха. – Харьков, 1979. – 48 с.
6. Орлов, Д.С., Спектральная отражательная способность почв и их компонентов / Д.С. Орлов, Н.И. Суханова, М.С. Розанова. – М.: изд-во Московского университета, 2002 – 165 с.
7. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон. – Минск, 2007. – 220с.
8. Полевое исследование и картографирование почв БССР; под ред. Смяяна Н.И. – Минск: Ураджай. – 1990. – 221с.

USE OF INDICATORS OF SPECTRAL REFLECTIVE CAPACITY OF THE SOD-PODZOLIC SOILS IN THE DIAGNOSTIC OF THEIR AGROGENIC TRANSFORMATION'S DEGREE

G.S. Tsytron, T.V. Bubnova, S.V. Drobysh, E.V. Gororbachova

Summary

The article presents the results of spectral reflectance agroderново-podzolic light loamy soils of varying degrees of cultivation and cultural agrozem light loamy. The diagnostic value of spectrophotometric ratios and the location of the spectral curves to determine the extent of cultivation of soils are studied.

Поступила 27 января 2011 г.

СИДЕРАЛЬНЫЕ ПАРЫ СТЕПИ УКРАИНЫ

Н.А. Цандур, В.В. Друзьяк, С.И. Бурькина

*Одесский институт агропромышленного производства НААН Украины,
г. Одесса, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Во все времена лихолетий и мира Украина была страной развитого зернового хозяйства. Изменялись лишь направления этого развития, но не изменялась сущность, которая выражена в глубокой народной поговорке: хлеб – всему голова.

Одесский институт АПП является базовым научным учреждением Центра научного обеспечения агропромышленного производства Одесской области. Институт единственное научное учреждение в области, которое наиболее полно разрабатывает технологию выращивания полевых культур на базе разработки трех блоков стратегически приоритетных проблем. Первый из которых – наращивание и стабилизация производства зерна; второй – сохранение и восстановление плодородия почв и третий – повышение качества зерна. Проблемы решаются путем усовершенствования агротехнологий выращивания культур через разработку инновационных технологий. Этим и определяется направленность научной деятельности института как технологического сельскохозяйственного научного центра степного региона.

В зоне Степи урожай озимых культур, которые обеспечивают продовольственную безопасность страны, зависит, в первую очередь, от запасов влаги в почве. Поэтому для озимых культур ее содержание в почве после предшествующей культуры имеет решающее значение. Одним из предшественников, который в засушливых условиях Южной Степи Украины гарантирует ежегодно высокий и качественный урожай, является черный пар. Удержание почвы в чистом разрыхленном состоянии при достаточных запасах влаги содействует ее очищению от сорняков, усилению микробиологической деятельности, вследствие чего увеличивается концентрация питательных веществ в доступных для растений формах. Все это предопределяет получение стабильных урожаев пшеницы озимой с высокими параметрами качества зерна [3, 7].

Пары известные из давних времен. Запись о парах есть в Библии (Левит: 25,3,4): «Шесть лет засевай поле твое ..., а в седьмой год ...поля твоего не засевай».

Чистые пары были известны в Древней Греции и в Риме. В Европе они появились в 15-16 столетии, сохранились на больших площадях в засушливых областях многих стран (США, Канада, Аргентина, Австралия, Казахстан и прочие). В России пары применялись в отдельных хозяйствах с 16-ого столетия, на Украине – с 18-ого, но использовались вначале примитивно, поскольку зарастали сорняками и на них выпасали скот. Условно их называли зелеными парами или толочными. На таких парах накопления влаги не происходило и в засушливые годы на них не получали полноценных всходов озимых культур. Поэтому возникла необходимость отказаться от выпаса скота на парах и подвергнуть их механической обработке для

уничтожения сорняков, сохранения влаги и накопления питательных веществ. Так земледельцы постепенно пришли к культурным парам [6].

Разновидностью пара есть занятый, когда поля рано освобождают от культурных (парозанимающих) растений, что дает возможность своевременно подготовить почву и создать благоприятные условия для последующих культур. Если парозанимаемую культуру используют на зеленое удобрение, то пары называют сидеральными.

Известно, что выращивание растений сопровождается выносом питательных веществ, равноценное количество которых должно возвращаться в почву для ее устойчивого функционирования. Но на современном этапе становления и развития независимости нашей страны, сельхозпроизводители ощущали острый недостаток финансовых, энергетических, материально-технических ресурсов, что обусловило снижение объемов использования минеральных и органических удобрений в десятки раз. Это привело к закономерному снижению плодородия почв Украины, вынос стал преобладать над поступлением и, как следствие – отрицательный баланс в земледелии, в частности в Одесской области: гумуса – 180 кг/га, азота – 30-40, фосфора – 15-20, калия 59-65 кг/га [1].

Сравнивая данные о содержании гумуса в 290 почвенных разрезах, помещенных 100 лет тому В.В. Докучаевым в книге «Русский чернозем», с нынешним его количеством, исследователи определили изменения в плодородном слое за эти годы. Итоги, к сожалению, не везде удовлетворительные. Так, если 0,4% гумуса в почвах Украины было утрачено за 80 лет, начиная 1882 г., то очередные 0,6% – всего лишь за 20 лет с 1962 до 1982 г. Наиболее интенсивные потери гумуса начались с 1991 г., когда внесение органических удобрений уменьшилось почти в 70 раз. В 1999-2010 гг. темпы минерализации гумуса во всех регионах Южной Степи Украины немного снизились, что, возможно, объясняется относительным уменьшением концентрации мобильной его части (детрита).

Пути восстановления плодородия почв известны: научно-обоснованные системы севооборотов, системы обработки почв, удобрений, защиты растений, борьба с эрозией и прочее. Классический подход к компенсированию потерь гумуса – внесение органического вещества в виде навоза. В зависимости от степени деградации, компенсирующие дозы навоза находятся в интервале 7-14 тонн на гектар, что составляет примерно от 70 до 140 условных голов на 100 га, а при современном состоянии отрасли животноводства, очевидно, что указанные цифры недостижимы.

Почвы как всякие буферные системы способные к саморегуляции, но это справедливо до момента когда степень влияния не превышает саморегуляционных возможностей, что выполняется при условии простого воспроизводства: количество отчужденного равно возвращению изъятых из почвы ресурсов (равновесный баланс). Основная задача и научных работников и сельхозпроизводителей – поддержать и смоделировать естественные пути восстановления плодородия почв:

- ▶ использованием пожнивных остатков, в первую очередь – соломы;
- ▶ применением сидератов;
- ▶ увеличением площадей посевов многолетних трав;
- ▶ минимализацией обработки почв;
- ▶ стимуляцией развития почвенной микробиоты.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В полном объеме методику исследований нет необходимости описывать, так как она подробно излагалась в других работах [5,7]. Отметим лишь несколько моментов. Экспериментальная часть выполнена в четырех севооборотах, которые отличались только первым полем: первый севооборот начинается черным паром, второй – сидеральным, третий – занятым (смесь гороха с овсом) и четвертый – непаровым предшественником (горох на зерно). Далее чередование культур было следующим: пшеница озимая, пшеница озимая, овес, ячмень озимый. Основная обработка почвы проводилась тремя способами: отвальная глубокая (25-27 см), безотвальная глубокая (25-27 см) и безотвальная мелкая (8-10 см).

Введение в севооборот гороха и сидерального пара в виде бобовой культуры позволяет компенсировать недостаток минерального азота удобрений за счет фиксации азота из атмосферы, чему способствует и использование биологических препаратов. Это весомый резерв ресурсосбережения, восстановления плодородия почвы, снижения затрат на производство зерна и увеличения прибыли.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общеизвестно, что пшенице на формирование 50 ц/га необходимо около 150 кг азота. На сегодня, как правило, вносят при подкормке 30-50 кг/га азота, а в среднем по Одесской области – 20 кг действующего вещества. Почва истощается, поскольку недостающее количество элемента питания поступает за счет минерализации органического вещества, но азота для формирования качественного зерна все ж таки не хватает.

Наиболее эффективным естественным средством восстановления плодородия почв есть использование приема сидерации (зеленое удобрение). Французский ученый Ж. Виль (Ville, 1824-1897) предложил термин «сидерация» для системы земледелия, в которой бобовые растения запахиваются в почву. Заделанные в почву сидераты повышают содержание не только органического вещества и азота, но и усиливают биологическую активность почвы: возрастает количество микроорганизмов, повышается их активность, увеличивается в пахотном слое количество подвижных форм фосфора и обменного калия (табл. 1).

Таблица 1

Выход элементов питания с 1 га посевов сидеральных культур, среднее за 3 года

Культура	Урожайность, т/га	кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Горох	27,0	138	23	103
Горох+овес	29,0	109	21	112
Горчица белая	26,1	133	26	134
Вика озимая	33,2	171	23	145

При урожайности 150-200 ц/га зеленой массы это равнозначно внесению 20 т навоза, т. е. почти в 2 раза больше компенсационной дозы. Но урожайность сидеральных культур может достигать в среднем 26-33 т/га.

Вика озимая в стационарных опытах Одесского института АПП выращивается на последствии разных вариантов систем удобрений (табл. 2) и систем обработки почвы. В конце мая в фазе развития конец бутонизации – начало цветения ее зеленая масса использовалась в качестве зеленого удобрения. При этом она не запахивалась, а после измельчения частично перемешивалась с верхним слоем почвы тяжелой дисковой бороной.

Таблица 2

Урожай зеленой массы и пожнивных остатков вики озимой на последствии удобрений, т/га, 2010 г.

Внесено удобрений	Зеленая масса	Выход сухого вещества надземной массы	Пожнивные остатки
Контроль без удобрений	42,2	6,5	2,3
P ₆₀ K ₆₀	54,0	9,2	4,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	48,9	8,3	3,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	63,7	10,3	3,3
N ₁₈₀ P ₆₀ K ₆₀	76,9	12,4	7,8

Осенью перед посевом пшеницы озимой в верхнем 0-20 см слое почвы накопилось от 182,4 до 427,2 кг/га минерального азота; для сравнения – перед посевом пшеницы озимой по предшественнику рапс озимый, вторичная продукция которого также задисковывалась, уровень накопления минерального азота колебался в интервале 98,4–239,0 кг/га, т. е. почти в два раза меньше.

Используются для сидерации и растения семейства капустных: горчица белая, редька, яровой и озимый рапс и прочие. Горчица имеет способность использовать труднодоступные для других растений малорастворимые формы питательных веществ, которые она подтягивает из более глубоких слоев почвы в пахотный. Примером, в стационарных опытах установлено, что под влиянием горчицы и рапса, содержание подвижных форм фосфора в слое 0-20 см увеличилось на 9 мг, в 21-40 см – на 6 мг на килограмм почвы.

При сидерации пахотный слой почвы обогащается доступными для растений элементами питания, улучшаются физические свойства почвы (структура, водопроницаемость, влагоемкость и др.), что обеспечивает более высокие урожаи последующих сельскохозяйственных культур. При этом повышается качество зерна и другой продукции.

Улучшение физических и агрохимических свойств черноземов возможно лишь при бездефицитном балансе в них гумуса. Анализ данных свидетельствует (табл. 3), что в слое почвы 0-25 разница в исходном содержании гумуса математически не существенна как по системам обработки почвы, так и по предшественникам.

По завершению ротации севооборота содержание гумуса увеличилось в слое почвы 0-25 см (табл. 4). Причем достоверный прирост отмечен на варианте сокращенной (мелкой) обработки почвы в сравнении с отвальной (контролем).

Результаты исследований Одесского института АПП соответствуют выводам других авторов, что для сокращения потерь гумуса следует уменьшить количество механических обработок почвы [3, 6]. Тенденция увеличения гумуса наблюдается после сидерального пара в слое 0-25 см, которая обуславливается накоплением органического вещества и азота.

Таблица 3

Содержание гумуса в начале ротации севооборота в слое почвы 0-25 см,%, 2003-2004 гг., стационарный полевой опыт ОИ АПП

Предшественник (фактор А)	Система основной обработки почвы (фактор В)				Среднее(А)
	отвальная	комбинированная	безотвальная	мелкая	
Пар черный	3,37	3,22	3,27	3,24	3,27
Пар сидеральный	3,25	3,28	3,10	3,12	3,18
Пар занятый	3,32	3,06	3,22	3,17	3,19
Горох на зерно	3,09	3,32	3,35	3,29	3,26
Среднее (В)	3,25	3,22	3,23	3,20	3,23

НСР₀₅,%: А = 0,16; В = 0,16; АВ = 0,32

Таблица 4

Содержание гумуса после завершения ротации севооборота в слое почвы 0-25 см,%, 2006-2007 гг., стационарный полевой опыт ОИ АПП

Предшественники (фактор А)	Система основной обработки почвы (фактор В)				Среднее (А)
	отвальная	комбинированная	безотвальная	мелкая	
Пар черный	3,40	3,20	3,39	3,57	3,39
Пар сидеральный	3,47	3,40	3,32	3,55	3,43
Пар занятый	2,97	3,32	3,44	3,50	3,30
Горох на зерно	3,47	3,28	3,37	3,52	3,41
Среднее (В)	3,32	3,30	3,38	3,53	3,38

НСР₀₅,% : А = 0,19; В = 0,19; АВ = 0,37

Таким образом, система сокращенной (мелкой) обработки почвы обеспечивает самообновление запасов гумуса в черноземах южных, а сидеральный пар (вика озимая) обуславливает положительную тенденцию динамики гумуса.

Классический вариант пара – черный чистый унавоженный. В современных условиях могут быть пары не унавоженные, а также сидеральные и занятые. В 1999-2001 гг. изучалось влияние черных паров без навоза, унавоженного и сидерального на урожайность зерна пшеницы озимой. Сравнение средних данных, полученных по парам (табл. 5) свидетельствует, что черный пар без навоза и сидеральный имеют одинаковую продуктивность.

Таблица 5

Влияние разных видов паров на урожайность зерна пшеницы озимой мягкой, т/га, 1999-2001 гг., стационарный полевой опыт Одесского института АПП

Вид пара	Урожайность по годам			Среднее
	1999 г.	2000 г.	2001 г.	
Черный без навоза	4,72	5,93	7,78	6,14
Черный унавоженный	4,87	6,01	7,83	6,24
Сидеральный	4,73	5,89	7,67	6,10
Среднее	4,77	5,94	7,73	6,15
НСР ₀₅	0,26	0,18	0,16	0,20

Черный пар унавоженный (30 т/га полуперепревшего навоза) обеспечил увеличение урожайности по сравнению с другими их видами. Тенденция роста урожайности наблюдалась каждый год, но разница между вариантами незначительна. Такие закономерности, т.е. небольшой прирост зерна по удобренным парам, соответствуют данным других авторов.

В последствии паров наблюдается достоверное увеличение урожайности пшеницы озимой на унавоженном пару и незначительная разница между унавоженным паром и сидеральным.

В одинаковых условиях на одних и тех же предшественниках ячмень формирует урожайность зерна большую чем пшеница (табл. 6). Наименьший прирост наблюдается в варианте пара унавоженного (0,72 т/га).

Таблица 6

Последствие паров на урожайность зерна озимых культур, т/га, 2000-2002 гг., стационарный полевой опыт ОИАПП

Культура	Последствие паров			Среднее	НСР ₀₅
	черного без навоза	черного унавоженного	сидерального (вика озимая)		
Пшеница	4,89	5,59	5,07	5,18	1,74
Ячмень	6,21	6,31	6,48	6,33	1,76
Прибавка зерна ячменя	1,32	0,72	1,41	1,15	-

Более высокую производительность ячменя сравнительно с пшеницей отмечают также и другие авторы, т.е. по непаровым предшественникам ячмень дает больше зерна с 1 га пашни, чем пшеница.

В 2005-2007 гг. дополнительно изучались такие предшественники как занятый пар (горохо-овсяная смесь) и горох на зерно (бобовый непаровой предшественник). Полученные данные показывают (табл. 7), что сидеральный пар (вика озимая), как предшественник, обуславливает формирование урожайности зерна пшеницы озимой на уровне 4,55 т/га, или 97,6% по сравнению с черным паром (без навоза), занятый пар – 4,39 т/га (94,2%) и горох на зерно – 4,05 (86,9%). Прирост зерна на варианте черного пара (без навоза) составляет 0,61т/га (13,1%) по сравнению с предшественником горох на зерно.

Таблица 7

Влияние паровых и непаровых предшественников на урожайность зерна пшеницы озимой, т/га, 2005-2007 гг., стационарный опыт ОИАПП

Год	Пары			Горох на зерно	Среднее	НСР ₀₅
	черный	сидеральный	занятый			
2005	3,97	4,36	3,78	3,43	3,89	1,90
2006	6,27	5,80	5,66	5,32	5,76	2,42
2007	3,74	3,50	3,72	3,40	3,59	4,07
Среднее	4,66	4,55	4,39	4,05	4,41	2,80
%	100	97,6	94,2	86,9	-	-

Аналогичные закономерности получены в опытах прошлых лет, т.е. урожайность зерна пшеницы озимой по пару составляла – 4,73 т/га, после гороха – 4,18

(88,4% от пара) и после кукурузы молочно-восковой спелости – 3,91 (87,2%) [5]. Эти данные соответствуют выводам других авторов и указывают на достоверность полученных результатов в опытах Одесского института АПП НААН Украины [3].

Сидеральный пар повышает качество зерна сравнительно с паром чистым (черным), паром занятым (овес + горох) и горохом на зерно (табл. 8). В среднем по сидеральному пару содержание белка соответствует I классу, по чистому пару – II, по смеси овса и гороха – IV, по гороху на зерно – III. В последствии также отмечается повышение содержания белка по сидеральным парам, где зерно отвечает II классу, по чистому пару – III, по занятым парам и гороху на зерно – IV.

Важно подчеркнуть, что на фоне сокращенной обработки почвы концентрация белка в сухом веществе зерна пшеницы, которая размещалась первой культурой по парам и гороху на зерно, соответствует II классу. На фоне глубокой отвальной и глубокой безотвальной обработки почвы – III классу, т.е. ниже по сравнению с мелкой обработкой. При размещении пшеницы второй культурой после паров и гороха на зерно, белковость зерна одинакова на фоне пахоты и сокращенной обработки почвы.

Таблица 8

Содержание белка в зерне пшеницы озимой в зависимости от системы основной обработки почвы и предшественников, 2006-2007 гг.,%, ОИАПП

Обработка почвы (фактор А)	Предшественники (фактор В)				Среднее (А)	Класс зерна
	пар черный	пар сидеральный	пар занятый	горох на зерно		
Отвальная	12,84	13,44	11,61	11,78	12,42	III
Параплау	12,22	15,03	11,47	12,09	12,70	III
Минимальная	14,76	14,90	11,67	12,30	13,41	II
Среднее (В)	13,76	14,46	11,59	12,06	12,84	-
Класс зерна	II	I	IV	III	-	-

Экономическая эффективность производства зерна зависит, в первую очередь, от предшественников под первую культуру севооборота, поэтому дается анализ процесса выращивания зерна озимой пшеницы, которая размещалась по парам и гороху на зерно (табл. 9). Уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы после черного пара (неунавоженного) и сидерального составляет 75 и 86%, т.е. с превышением на 11% в пользу сидерального пара, а в сравнении с унавоженным черным паром почти в 1,9 раз. Это самый высокий уровень рентабельности среди изучаемых предшественников. Кроме того, мы должны понимать, что черный пар является предшественником, не защищающим почву от ветровой эрозии и увеличивающим минерализацию гумуса, который есть доминантой плодородия почвы.

Таким образом, сидеральный пар обеспечивает более высокий уровень рентабельности по сравнению с черным паром. Это первое его преимущество. Второе – защищает почву от дефляции. Третье – обогащает почву органикой (35,3 т/га). Четвертое – усваивает атмосферный азот (в симбиозе клубеньковыми бактериями). Пятое – азот, который фиксирует вика из атмосферы, обеспечивает

качество зерна I – II класса. Предшественник «горох на зерно» значительно уступает предшественнику «сидеральный пар» по всем показателям экономической эффективности (без учета зерна гороха).

Таблица 9

Экономическая эффективность производства зерна в зависимости от предшественников, 2006-2010 гг., ОИАПП

Показатели	Севообороты, в составе которых:			
	черный пар	сидеральный пар	пар занятый смесью горох + овес	горох на зерно
Урожайность зерна, т/га	4,9	5,0	4,5	4,6
Стоимость зерна грн./га*	7210	7668	6996	6650
Производственные затраты, грн./га	4125	4127	4116	4083
Затраты топлива, кг/га	81,0	92,8	92,0	91,8
Затраты труда, чел./ч.	7,98	8,98	8,93	8,85
Себестоимость зерна, грн./т	944	960	971	1013
Прибыль: с 1 га	3085	3541	2980	2567
с 1 т	706	831	679	637
Уровень рентабельности, %	75	86	70	63
Землеёмкость 1 т зерна, га	0,229	0,235	0,236	0,248

* Реализационная цена 1 т зерна пшеницы озимой III класса – 1650 грн. – 206\$, II класса – 1800 грн. – 225\$ (2010 г.)

Анализ влияния предшественников пшеницы озимой на биологическую аккумуляцию энергии (БАЭ) показывает (табл. 10), что предшественники существенно влияют на общую продуктивность пшеницы, на содержание гумуса в почве, его энергоёмкость и БАЭ.

Таблица 10

Эколого-энергетическая оценка предшественников пшеницы озимой, 2006-2010 гг.

Предшественник	Урожайность, т/га		Содержание гумуса, %	Энергоёмкость ГДж/га		БАЭ, ГДж/га
	зерно	солома		гумуса	урожая	
Пар черный	4,37	3,06	3,39	2,38	138,5	140,9
Сидеральный пар	4,26	2,98	3,43	2,41	134,9	137,3
Занятый пар	4,24	2,97	3,30	2,32	134,4	136,7
Горох на зерно	4,03	2,82	3,41	2,40	127,4	129,8

Самый высокий показатель БАЭ отмечается после пара черного неунавоженного. Это обусловлено высшим урожаем после пара, но содержание гумуса на этом варианте ниже чем после сидерального пара, и более низкая энергоёмкость гумуса. Пар без гноя обуславливает снижение плодородия почвы и его деградацию, поэтому нельзя признать его лучшим предшественником, хотя урожайность после него высшая. Самая высокая энергоёмкость гумуса после сидерального пара. В этом варианте более высокий показатель БАЭ сравнительно с такими предшественниками как занятый пар и горох на зерно.

ВЫВОДЫ

1. В условиях засушливой Южной Степи Украины черный чистый пар обеспечивает дружные всходы и хорошее развитие озимых даже при сухой неблагоприятной осени, но чистый пар, во-первых, эрозийно опасный предшественник, во-вторых, минерализует гумус и вызовет деградацию почвы. Альтернативой черному должен стать сидеральный пар, который обеспечивает урожайность зерна пшеницы озимой на уровне 96,7% по отношению к черному пару, накапливает органическую массу корешков в профиле почвы и на её поверхности, которая защищает почвы от дефляции и эрозии, а также способствует восстановлению плодородия почвы. Горох на зерно, как предшественник, дает уменьшение урожайности зерна пшеницы озимой, хотя продуктивность севооборота не изменяется, если учесть урожайность зерна гороха, но снижается качество зерна пшеницы, увеличивается засоренность посевов и затраты на сбор урожая и доработку зерна.

2. Научно обоснована целесообразность использования сидерального пара для Степи в новом технологическом варианте: надземная масса сидеральной культуры не запахивается, как при классическом применении, а измельчается дисковым орудием и частично перемешивается с почвой в верхнем слое. За счет чего на поверхности почвы остается много надземной массы, которая надежно защищает пашню от дефляции и водной эрозии на протяжении вегетационного периода. Сокращенная (мелкая) обработка почвы и мульча сидеральной культуры в условиях засушливого климата обеспечивает получение всходов пшеницы озимой по сидеральному пару, как и по-черному, и среднегодовую урожайность зерна на уровне 4,4 т с одного гектара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимичний стан ґрунтів Одеської області і шляхи його поліпшення : Довідкове видання / [Оніщук В.П., Голубченко В.Ф., Капустіна Г.А., Цандур М.О.]; під ред. В.П. Оніщука. – Одеса : СМІЛ, 2007. – 32с.

2. Каштанов А.Н. Докучаевское учение о почве и проблемы современного земледелия / А.Н.Каштанов // 100 лет генетического почвоведения; отв. ред. В.А. Ковда, В.В. Егоров. – М.: Наука, 1986. – С. 37-41.

3. Лебідь Є.М. Наукові основи підвищення ефективності виробництва зерна в Україні / Є.М. Лебідь, М.С. Шевченко // Бюлетень інституту зернового господарства УААН, 2008. – №№33-34. – С. 3-7.

4. Наукові основи ведення зернового господарства / В.Ф. Сайко [та ін.]; за ред. акад. УААН, д-ра с.-г. наук, проф. В.Ф. Сайко. – К.: Урожай, 1994. – 334 с.

5. Продуктивність озимої пшениці в залежності від попередника та добрив / Гайваненко О.М. [та ін.] // Вісник аграрної науки південного регіону. – 2005. – №6. – С. 52-59.

6. Сайко В.Ф. Землеробство на шляху до ринку / В.Ф. Сайко. – К. : Ін-т землеробства УААН, 1997. – 48 с.

7. Цандур М.О. Агротехнологічні основи вирощування озимих зернових культур у південному Степу України : дис. ... доктора с.-г. наук :06.01.01 / М.О. Цандур. – К., 2009. – 383 с.

GREEN STEAM IN THE STEPPE OF THE UKRAINE

N.A. Tzandur, V.V. Druziak, S.I. Burykina

Summary

Use of green steams (with crops winter vetch), provides for rotation of a crop rotation increase in the maintenance of a humus at 0,13% in comparison with black steam without manure and decrease in industrial expenses for 106 \$/hectares, fuel – on 103,3 kg, labour – 7,7 people / hour, and level of profitability of manufacture of grain increases almost in 1,9 times.

Поступила 20 мая 2011 г.

УДК 528.77:521.311.21

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ ПОЧВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОДНО-ЭРОЗИОННЫМ ПРОЦЕССАМ

Е.Н. Горбачёва

Космоаэрогеология, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное и экологически-безопасное использование почвенных ресурсов на территориях, подверженных водной эрозии почвы, нуждается в получении оперативной информации о состоянии почвенного покрова с оценкой степени его деградации. Традиционные методы исследования территорий, подверженных эрозионным процессам, основанные на данных полевых и лабораторных исследований, являются трудоемкими и недостаточно оперативными. Источником оперативных и достоверных данных о состоянии почвенного покрова являются аэрофотоснимки и космическая информация высокого разрешения, получаемая с искусственных спутников Земли, таких как Ikonos, QuickBird, ALOS и др. В настоящее время применение дистанционных методов для изучения динамики почвенного покрова приобретает все большую актуальность в связи с постоянным увеличением интенсивности сельскохозяйственного производства и антропогенных трансформаций природных экосистем.

Водная эрозия почвы является негативным процессом, вызывающим деградацию, разрушение и уничтожение плодородного слоя почвы и наносящим ущерб земельным ресурсам, окружающей среде и сельскому хозяйству.

Имеющиеся литературные данные и результаты наших исследований свидетельствуют о возможности выявления по мультиспектральным космическим снимкам участков почвенного покрова, подверженных водно-эрозионным процессам.

Физической основой формирования изображения эродированных почв на космических снимках является их спектральная отражательная способность. Количественные измерения цвета почвы позволяют получать принципиально новую характеристику почвы и с ее помощью установить ряд показателей и свойств почвы. Спектр отражения света почвенной поверхностью – сложная функция, зависящая от многих факторов. К ним относится химический, гранулометрический

и минералогический состав, содержание и расположение красящих компонентов в почвенной массе, влажность и структурные особенности почвы.

Цель данного исследования заключается в разработке метода автоматизированного дешифрирования эродированных участков почвенного покрова по космическим снимкам высокого разрешения на основании анализа спектральных характеристик почв различной степени деградации, а также изучение влияния различных их свойств на спектральную отражательную способность.

В исследованиях принимали участие: УП «Космоаэрогеология», Институт почвоведения и агрохимии, Географический факультет (БГУ), НИИ прикладных физических проблем им. Севченко (БГУ).

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве непосредственного объекта исследований были выбраны дерново-подзолистые почвы, развивающиеся на легких лессовидных суглинках. Исследования проводились на ключевом участке «Щемыслица». Почвенный покров ключевого участка представлен дерново-подзолистыми почвами, развивающимися на легких лессовидных суглинках различной степени деградации. Для исследования использовался мультиспектральный космический снимок QuickBird, дешифрирование которого позволило составить почвенно-эрозионную карту ключевого участка.

В пределах данного ключевого участка в процессе полевого эталонирования с учетом результатов визуального дешифрирования было выбрано 9 точек, расположенных в различных характерных участках геоморфологического профиля и характеризующихся различной степенью деградации почвенного покрова. Степень деградации почвенного покрова в каждой точке подтверждалась изучением морфологического строения прикопок, заложенных в данных точках (рис. 1). В выбранных точках проводился отбор почвенных образцов из пахотного горизонта почвы.

Влажность отобранных почвенных образцов определялась термостатно-весовым методом, содержание гумуса (по Тюрину) и гранулометрический состав почв (методом пипетки по Качинскому).

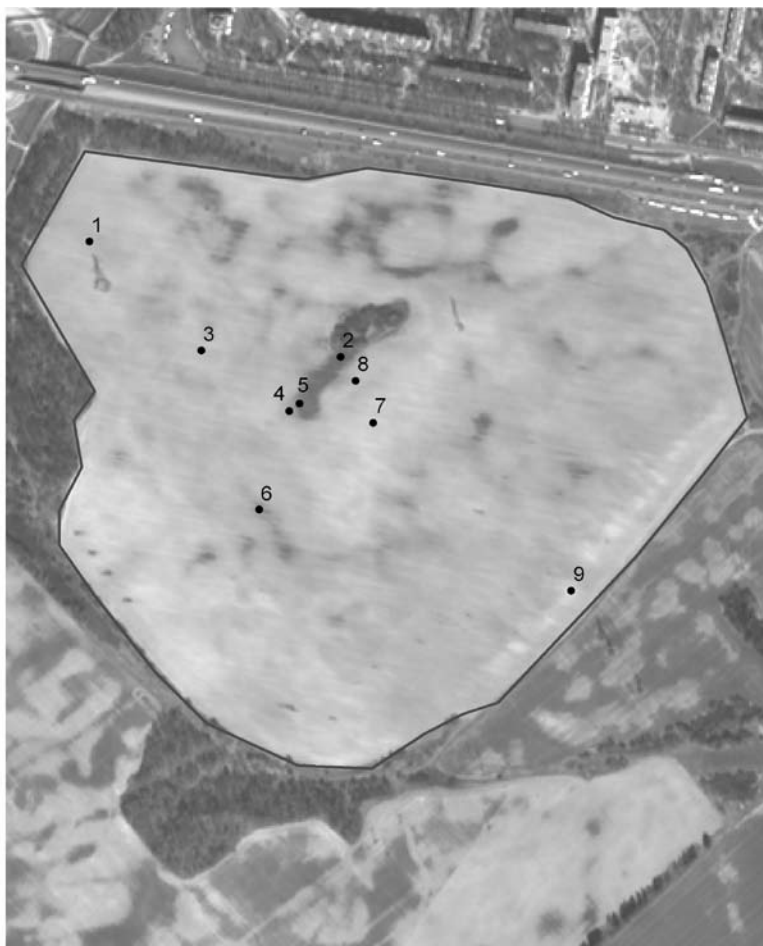
В камеральных условиях проводилось спектрометрирование образцов почв при полевой влажности и воздушно-сухих почвенных образцов для видимой и инфракрасной области спектра при угле измерения 30° .

Для установления характерных особенностей хода спектральных кривых образцов различных степеней деградации использовался тангенс угла наклона спектральных кривых в наиболее информативных участках спектра.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ спектральной отражательной способности пахотного горизонта почв различных степеней деградации производился в видимой области спектра (400-750 нм).

Спектрофотограммы исследованных образцов поверхностного горизонта дерново-подзолистых почв различных степеней деградации представляют собой пологие кривые, монотонно поднимающиеся к красной области спектра (рис. 2). Данная закономерность отмечается как для спектральных кривых воздушно-сухих почв, так и для почв, находящихся во влажном состоянии (при полевой влажности).



Условные обозначения

□ граница ключевого участка «Щемыслица»

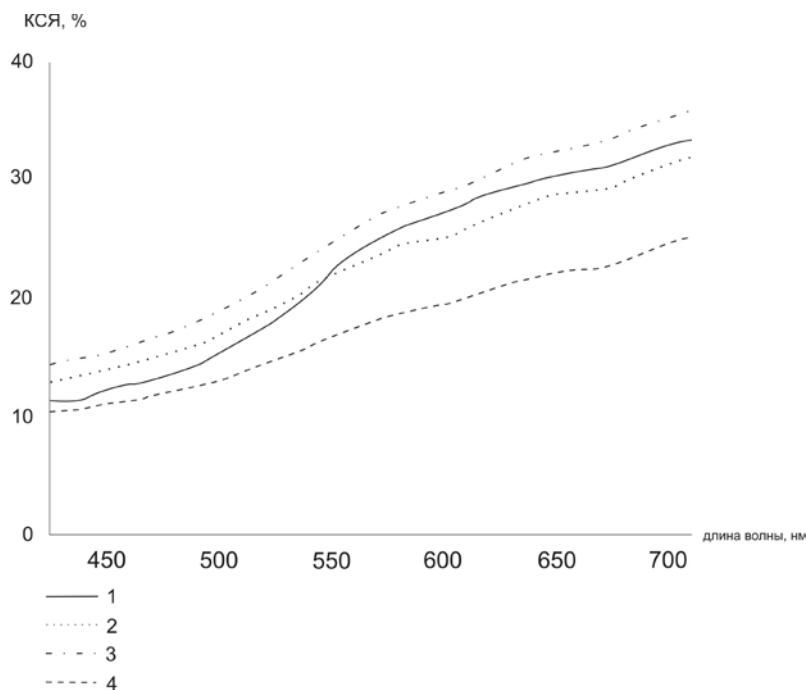
• точка отбора почвенного образца

Рис. 1. Фрагмент изображения космического снимка QuickBird (дата съемки 22.04.2009 г., синтез каналов 3-2-1) на территорию ключевого участка «Щемыслица»

Анализ графиков, полученных при полевом и лабораторном спектрометрировании позволил отметить, что для гумусовых горизонтов почв различной степени деградации (слабо-, средне- и сильноэродированных) можно выделить участок спектра 480-640 нм, в пределах которого различия спектрофотометрических характеристик почвенных образцов наиболее существенны. Содержание гумуса, оксидов железа и глинистых минералов в верхнем пахотном горизонте эродированных почв определяет характерный подъем спектральной кривой в области длин волн 480-640 нм, обусловленный повышенным содержанием в пахотном горизонте эродированных почв материала иллювиального горизонта, обогащенного оксидами железа [1]. Увеличение спектральной яркости в области спектра

480-640 мкм можно охарактеризовать количественно с использованием тангенса угла наклона спектральных кривых в указанном диапазоне спектра.

Тангенс угла наклона спектральных кривых эродированных почв в области 500-600 нм значительно больше, чем в синей и красной областях спектра. У неэродированных почв данной закономерности не отмечается (табл. 1). Таким образом, тангенс угла наклона ($tg\alpha$) спектральной кривой в области 500-600 нм может служить хорошим диагностическим признаком степени эродированности почв [2]. Чем сильнее степень эродированности почвы, тем больше значения тангенса угла наклона спектральной кривой в области длин волн 500-600 нм.



1 – сильноэродированной почвы, 2 – слабоэродированной почвы;
 3 – среднеэродированной почвы; 4 – неэродированной почвы ЭКУ «Щемьслица»
 (по данным лабораторного спектромерирования)

Рис. 2. Коэффициенты спектральной яркости (КСЯ) воздушно-сухих почвенных образцов пахотного горизонта

Таблица 1

Спектрофотометрические характеристики образцов пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы различной степени деградации (в воздушно-сухом состоянии)

Почвы	Гумус, %	Значения $tg\alpha$ в областях спектра		
		400-500 нм	500-600 нм	600-700 нм
Нэродированные	2,47	0,0144	0,0436	0,0356
Слабоэродированные	1,41	0,0409	0,0941	0,0635
Среднеэродированные	1,20	0,0397	0,1151	0,0664
Сильноэродированные	0,98	0,0414	0,1440	0,0572

Важно отметить, что для влажных почвенных образцов отмечаются более низкая отражательная способность (как альbedo, так и КСЯ) по всей видимой области спектра в сравнении с воздушно-сухими образцами, распределение же энергии отраженного излучения по спектру при этом практически не меняются (рис. 3, 4, 5). Аналогичная закономерность установлена и другими авторами [3].

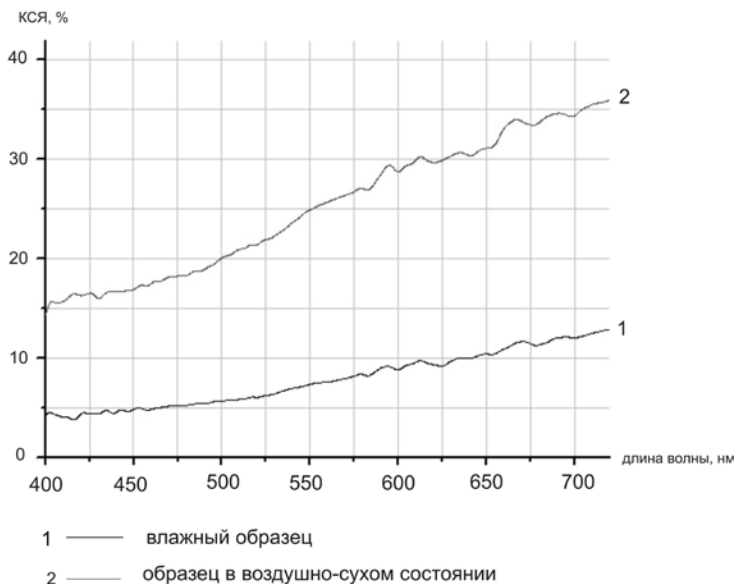


Рис. 3. Коэффициенты спектральной яркости пахотного горизонта слабоэродированных почв, во влажном и воздушно-сухом состоянии

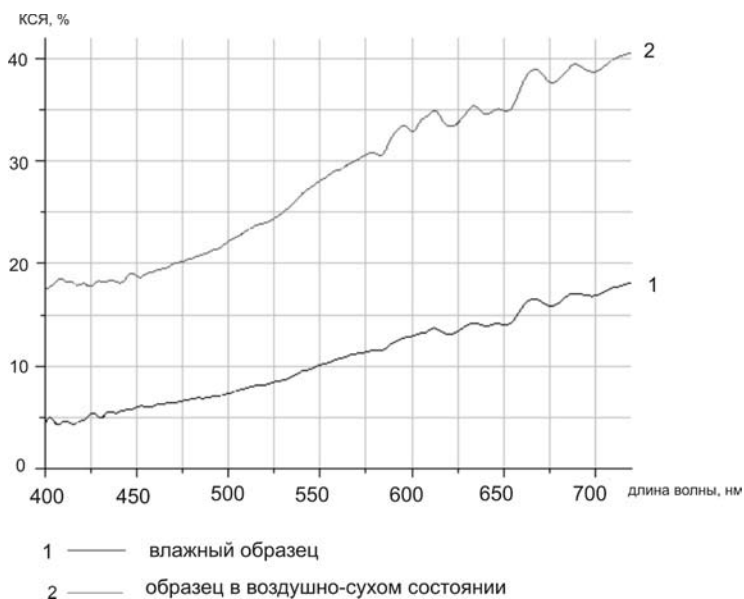


Рис. 4. Коэффициенты спектральной яркости пахотного горизонта среднеэродированных почв, во влажном и воздушно-сухом состоянии

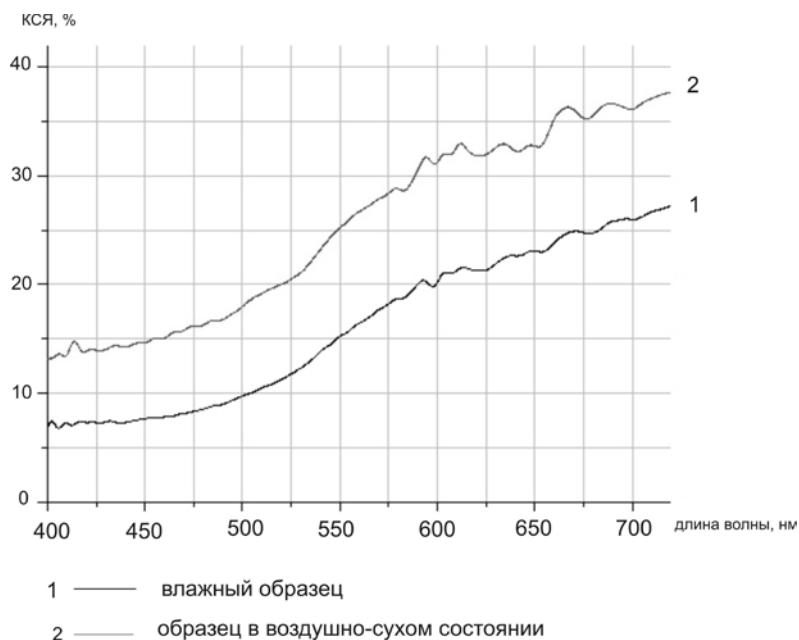


Рис. 5. Коэффициенты спектральной яркости пахотного горизонта сильноэродированных почв, во влажном и воздушно сухом состоянии

При этом анализ спектральных характеристик почвенных образцов гумусовых горизонтов почв различной степени эродированности, находящихся во влажном и воздушно-сухом состоянии показал, что у влажных и воздушно-сухих образцов почв одной степени деградации кривые коэффициентов спектральной яркости подобны.

Из проведенных исследований можно сделать вывод о возможности диагностики степени эродированности дерново-подзолистых почв по интенсивности увеличения спектральной яркости пахотного горизонта в зеленой области спектра (500-600 нм).

Наблюдаемая закономерность позволяет использовать при дистанционном выявлении, оценке и создании картосхем эродированных почв мультиспектральных космических снимков, которые на основании преобразования исходных спектральных признаков используют два наиболее стабильных участка спектра оксидов железа. В красной области спектра (600-700 нм) содержащие Fe^{3+} минералы характеризуются устойчиво высоким коэффициентом отражения, в синей области спектра (380-500 нм) – устойчиво низким [1]. Индекс оксида железа (отношение интегральной спектральной яркости поверхностного горизонта почвы в красной области к интегральной спектральной яркости в синей области спектра) может служить количественной оценкой интенсивности увеличения спектральной яркости в зеленой области спектра (500-600 нм), характеризующей степень эродированности почв.

Применение данного спектрального преобразования, позволяет численно охарактеризовать интенсивность увеличения КСЯ почвы в области 500-600 нм, определив, таким образом, участки выхода на поверхность иллювиального гори-

зонта почв, обогащенного оксидами железа. Чем больше значение индекса оксида железа, тем более глубоко затронут процессами эрозии почвенный профиль.

Преобразование производится на основании формулы (1) путем вычисления отношения значений яркости каждого пикселя в спектральных диапазонах 400-500 нм и 600-700 нм (I_3/I_1) [4].

$$I_{Fe(x,y)} = \frac{I_{(x,y)}^{RED}}{I_{(x,y)}^{BLUE}} \quad (1)$$

где $I_{Fe(x,y)}$ – значение расчетного индекса оксида железа в пикселе (x, y) изображения; $I_{(x,y)}^{RED}$, – значения яркости пикселя (x, y) изображения в канале, охватывающем красную область спектра (в диапазоне 600-740 нм); $I_{(x,y)}^{BLUE}$ – значения яркости пикселя (x, y) изображения в канале, охватывающем синюю область спектра (в диапазоне 380-500 нм).

Расчет индекса оксида железа направлен на создание производного признака – характеристики спектрального контраста между зонами, отражающими форму кривых спектрального образца. Индекс достаточно инвариантен к условиям наблюдения по сравнению с абсолютными значениями спектральных яркостей и позволяет для оценки степени эродированности почв использовать некалиброванные значения яркости на исходном снимке. Отношение яркостей отдельных спектральных каналов является простым методом идентификации минералов, эффективно уменьшающим влияние факторов освещения, атмосферы. При этом в момент получения исходного мультиспектрального изображения почвы должны находиться в открытом состоянии, область исследований должна иметь низкие относительные содержания паров воды в атмосфере [5].

В зависимости от степени разрушения почвенного профиля, в соответствии со значением расчетного индекса оксида железа, полученного для каждого пикселя мультиспектрального космического снимка, почвы группируют в соответствии с таблицей 2. Пороговые значения расчетного индекса оксида железа установлены экспериментально, путем сравнения полученных пространственных данных и контрольных данных полевого картографирования.

Таблица 2

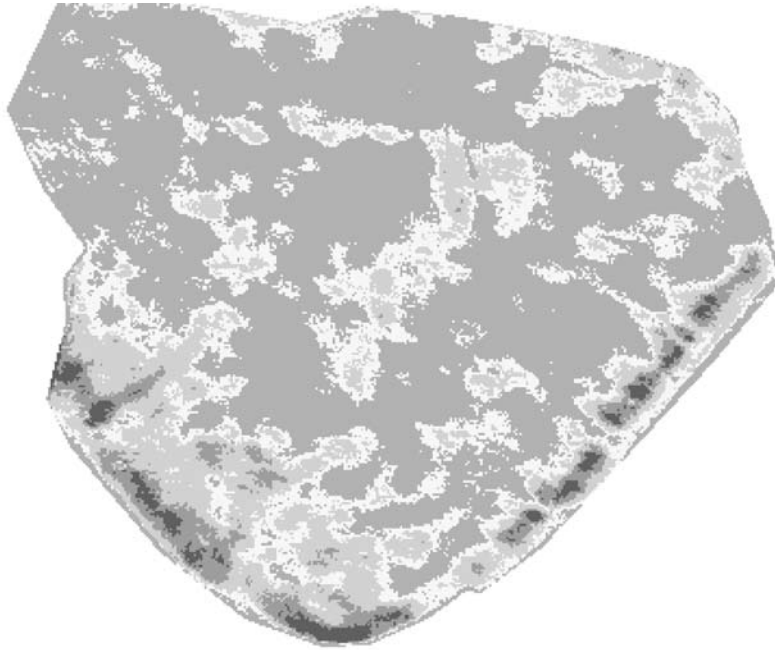
Зависимость степени эродированности почв от индекса оксида железа

Степень эродированности	Значения расчетного индекса оксида железа
Неэродированные	менее 1,300
Слабая	1,300-1,350
Средняя	1,350-1,430
Сильная	1,430-1,500
Очень сильная	более 1,500

На основании предложенного способа с использованием программного обеспечения ENVI на эталонно-калибровочный участок «Щемыслица» была составлена в автоматизированном режиме почвенно-эрозионная карта (с оценкой степени деградации) (рис. 6).

Совместно с Институтом почвоведения и агрохимии была проведена верификация предложенного способа картографирования эродированных почв. Результаты верификации свидетельствуют о высокой детальности составленной с при-

менением данного способа почвенно-эрозионной карты, а также о ее достаточно высокой достоверности.



Условные обозначения:

Почвы






-  незеродированные
-  слабородированные
-  среднеродированные
-  сильноэродированные
-  очень сильноэродированные

Рис. 6. Почвенно-эрозионная карта ключевого участка «Щемыслица» (полученная в результате автоматизированного дешифрирования мультиспектрального космического снимка QuickBird)

ВЫВОДЫ

Спектральная отражательная способность поверхностного горизонта пахотных почв является объективной характеристикой, позволяющей судить о степени их эрозионной деградации при дистанционном исследовании состояния почвенного покрова.

Анализ полученных при полевом и лабораторном спектрометрировании графиков показал, что для образцов верхнего горизонта почв различной степени

деградации (слабо-, средне- и сильноэродированных) можно выделить участок спектра 480-640 нм, в пределах которого различия спектрофотометрических характеристик почвенных образцов наиболее существенны.

Соотношение содержания гумуса, оксидов железа и глинистых минералов в верхнем пахотном горизонте эродированных почв определяет характерный подъем спектральной кривой в области длин волн 480-640 нм, обусловленный повышенным содержанием в пахотном горизонте эродированных почв материала иллювиального горизонта, обогащенного окислами железа.

Наблюдаемая зависимость позволяет использовать при дистанционном выявлении, оценке и картографировании эродированных почв мультиспектральные космические снимки высокого разрешения.

Индекс оксида железа (отношение интегральной спектральной яркости поверхностного горизонта почвы в красной области спектра к интегральной спектральной яркости в синей области спектра) может служить количественной оценкой интенсивности увеличения спектральной яркости в зеленой области спектра (500-600 нм) и характеризовать степень эродированности почвенного покрова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов, Д.С. Химия почв: учебник / Д.С. Орлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
2. Садовников, Ю.Н. Спектрофотометрический метод характеристики почв, почвенной окраски и количественные закономерности отражения света почвами / Ю.Н. Садовников, Д.С Орлов // Агрохимия. – 1978. – №4. – С.133-151.
3. Беляев, Б.И. Спектральные отражательные свойства почв: аналитический обзор / Б.И. Беляев, Т.М. Курикина., В.Д. Лисица. – Минск, 1991.
4. Жиленев, М.Ю. Обзор применения мультиспектральных данных ДЗ и их комбинаций при цифровой обработке / М.Ю. Жиленев // Геоматика. – 2009. – №3. – С.56-64.
5. Кравцов, С.Л. Обработка изображений дистанционного зондирования Земли: анализ методов / С.Л. Кравцов. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2008. – 256 с.

TECHNOLOGY OF AUTOMATED INTERPRETATION OF ERODED SOILS

E.N. Gorbachova

Summary

The article outlines the main research findings of the spectral reflectance of eroded sod-podzolic soil top-soil, which were conducted on the pilot site «Schemyslitsa». The effect of different soil properties on their spectral reflectance has been studied. The method for automated interpretation of sod-podzolic soil of different degrees of degradation using multispectral resolution satellite images has been proposed.

Поступила 25 марта 2011 г.

ПОЧВЕННЫЕ РЕЖИМЫ АГРОЭКОСИСТЕМЫ ПОЙМЕННОГО ЛУГА

А.Ф. Веренич¹, С.В. Тыновец², О.С. Рышкель²

¹Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь

²Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одной из целей Государственной программы социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010-2015 годы является повышение эффективности использования мелиорированных земель, в том числе в пойме реки Припять, предотвращение деградации земель и агроландшафтов, интенсификация развития сельскохозяйственного производства на основе инновационных технологий с учетом природно-климатических особенностей региона [1].

Поскольку пойменные почвы – это почвы преимущественно избыточного увлажнения, они используются в основном как луговые земли (сенокосы и пастбища). В природных условиях поемность формирует аллювиальный процесс почвообразования, своеобразные специфические условия водно-воздушного и питательного режимов для растений [2, 3].

Помимо биологических (видовых) особенностей растений, в поглощении питательных веществ большое значение имеют внешние факторы: условия почвенной среды, приток тепла, влаги. На накопление элементов минерального питания в различных тканях растений влияют концентрация питательных веществ в почве, их подвижность в связи с обеспеченностью влагой, степень кислотности, от которой зависит как растворимость отдельных элементов, так и сам процесс поглощения растительной клеткой катионов и анионов, наличие в почве воздуха. Чем энергичнее протекают в растении процессы фотосинтеза и ассимиляции, процессы дыхания, тем интенсивнее происходит поступление минеральных веществ в корневую систему растений [3, 5, 6].

При разработке энергосберегающих технологий создания пойменных кормовых угодий необходимо сформировать в почвах такие условия, которые обеспечивают прибавку урожая при сохранении баланса веществ в динамике почвенных режимов, т.е. генетически сложившееся в почвах равновесие.

Общим для всех пойменных почв является то, что они всегда моложе почв более высоких террас и водораздельных пространств, а по своим физико-химическим и агрохимическим свойствам значительно превосходят их, т.е. ценность пойменных земель заключается, прежде всего, в их повышенном плодородии [4, 7].

При условии их рационального использования они являются одним из главных источников кормовой базы животноводства в Белорусском Полесье.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2001-2005 гг. на объекте «Ямно» СПК «Ласицк» Брестской области Пинского района.

Почва опытного участка аллювиальная торфяная, развивающаяся на древесно-осоковых торфах, подстилаемая с глубины 0,6-0,7 м мелкозернистым песком.

Для исследований были высеяны следующие травосмеси:

1. Кострец безостый + клевер луговой + клевер гибридный.
2. Тимофеевка луговая + кострец безостый + клевер луговой + клевер гибридный.
3. Клевер луговой + клевер гибридный + люцерна посевная.
4. Тимофеевка луговая + кострец безостый + клевер луговой + люцерна посевная.
5. Тимофеевка луговая + кострец безостый + клевер луговой + люцерна посевная.

Ежегодно в опыте применяли фосфорно-калийные удобрения в норме $P_{45}K_{120}$. Фосфорные удобрения вносили весной, калийные – дробно, равными частями под каждый укос. Азотные удобрения в дозе N_{75} вносились только в 4-м варианте опыта дробно: N_{45} весной и N_{30} после первого укоса.

Данная схема была заложена на 3-х участках:

1. Без затопления.
2. Затопление на 10 дней слоем воды 30-35 см.
3. Затопление на 15 дней слоем воды 30-35 см.

Перед закладкой опыта в 2001 г. и после его завершения в 2005 г. отбирали почвенные образцы из слоя почвы 0-30 см на участках без затопления и при затоплении на 10 и 15 суток, где определяли агрохимические и физико-химические показатели по общепринятым методикам (P_2O_5 , K_2O – по Кирсанову, pH – потенциометрически, Нг – по Каппену).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав травостоев в годы исследований изменяется существенно, так как при формировании фитоценоза происходят сукцессионные процессы, связанные с различной интенсивностью развития трав в зависимости от биологических свойств, неодинаковой пластичностью видов и их требовательностью к экологическим условиям.

Запасы почвенной влаги на протяжении вегетационных периодов были в основном достаточными для роста и развития многолетних трав. Уровень грунтовых вод в почвенном профиле в зимние периоды находился большую часть времени близко к поверхности, а в летние периоды не опускался ниже 60-80 см.

Весеннее затопление полыми водами проводили на 10 и 15 суток слоем воды до 35 см согласно программе исследований.

В отобранных образцах торфяной почвы на 1 и 5 годах исследований были определены по общепринятой методике агрохимические показатели, представленные в таблицах 1, 2, 3.

Сравнивая агрохимические показатели пойменной торфяной почвы в опыте без затопления (табл. 1) на пятый год, по отношению к первому году, можно отметить тенденцию увеличения зольности пахотного слоя. Идет изменение аллювиального процесса почвообразования к дерново-глеевому.

Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Обменная кислотность ($pH_{(КС)}$) к 5 году исследований несколько увеличилась. Снижались гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований. Однако степень насыщенности основаниями находилась в пределах 70,3-73,3%, что является достаточным для произрастания многолетних трав.

Таблица 1

Агрохимические и физико-химические свойства торфяной почвы пойменного луга (без затопления)

Травосмесь	$pH_{(КС)}$	Мг-экв на 100 г почвы			V, %	Зольность, %	Мг на 1 кг почвы	
		Hг	S	T			P_2O_5	K_2O
2001 г.								
1	6,01	17,3	46,7	64,0	72,9	45,5	400	109
2	6,03	15,5	43,3	58,8	73,6	44,7	187	92
3	6,55	18,1	54,6	72,7	65,1	46,7	376	99
4	6,23	17,0	43,4	60,4	71,8	45,5	300	91
5	6,44	14,9	42,2	57,1	73,9	46,4	183	88
2005 г.								
1	5,55	16,1	44,2	60,3	73,3	52,7	414	144
2	5,35	15,9	43,7	59,6	73,3	49,4	456	150
3	5,42	17,9	42,4	60,3	70,3	49,7	442	159
4	5,25	16,3	41,4	57,7	71,7	51,4	385	131
5	5,56	15,3	40,3	55,6	72,8	52,3	390	140

Что касается подвижных форм фосфора, то обеспеченность им пахотного слоя стала выше и составила 634-710 мг на 1 кг почвы. Содержание подвижного калия также увеличилось во всех вариантах опыта, кроме варианта 1.

Внесение минерального азота в норме N_{75} заметного изменения агрохимических показателей не вызвало.

Таблица 2

Агрохимические и физико-химические свойства торфяной почвы пойменного луга (при затоплении на 10 суток)

Травосмесь	$pH_{(КС)}$	Мг-экв на 100 г почвы			V, %	Зольность, %	Мг на 1 кг почвы	
		Hг	S	T			P_2O_5	K_2O
2001 г.								
1	6,71	18,9	81,0	99,9	81,4	27,4	640	240
2	6,64	17,0	71,0	88,8	80,6	24,2	690	200
3	6,49	21,6	79,0	100,6	78,5	22,7	655	19,0
4	6,04	13,8	59,8	73,6	81,3	27,9	393	133
5	5,99	15,3	59,9	75,2	79,7	22,4	409	140
2005 г.								
1	5,65	18,7	63,0	81,7	77,1	29,4	710	204
2	5,50	20,4	64,1	84,5	75,8	25,2	692	213
3	5,71	20,0	61,3	81,3	75,4	24,6	687	247
4	5,45	20,0	62,5	82,5	75,6	29,4	634	252
5	5,81	21,1	63,5	84,6	75,0	23,9	674	224

Содержание подвижных форм фосфора увеличилось за годы исследований и находилось на уровне 385-456 мг на 1 кг почвы. Та же тенденция отмечается

и для подвижного калия. Его увеличение в пахотном слое составило от 35 мг на 1 кг почвы в 1 варианте и до 60 мг на 1 кг почвы в 3.

В варианте, где проводили ежегодное затопление весной на 10 суток, на пятый год исследований зольность пойменной торфяной почвы по вариантам увеличилась незначительно и составила от 23,9 до 29,4% (табл. 2).

На пятый год исследований при затоплении пойменного луга на 10 суток увеличилась как обменная кислотность, $pH_{(KCl)}$ так и гидролитическая. Сумма поглощенных оснований снизилась. В связи с этим степень насыщенности основаниями в среднем ниже на 3% по отношению к первому году, хотя и остается довольно высокой 75,0-77,1%.

Ежегодное весеннее затопление на 15 суток пойменной торфяной почвы еще больше сдерживало минерализацию органического вещества и зольность пахотного горизонта (18,0-22,5%) (табл. 3).

Таблица 3

Агрохимические и физико-химические свойства торфяной почвы пойменного луга (при затоплении на 15суток)

Травосмесь	$pH_{(KCl)}$	Мг-экв на 100 г почвы			V, %	Зольность, %	Мг на 1 кг почвы	
		Hг	S	T			P_2O_5	K_2O
2001 г.								
1	6,23	19,1	82,0	101,1	81,1	20,6	685	160
2	6,33	23,7	83,0	106,7	77,8	17,5	765	150
3	6,02	24,1	71,0	95,1	74,6	16,9	710	160
4	6,39	17,9	77,0	94,9	81,1	18,6	695	130
5	6,76	21,0	77,0	94,0	81,9	16,5	685	130
2005 г.								
1	5,92	20,4	71,3	91,7	77,7	22,5	604	220
2	5,70	21,3	72,1	93,4	77,1	20,4	528	210
3	5,69	22,7	73,4	96,1	76,4	18,7	574	230
4	5,55	24,9	70,8	95,7	73,9	20,9	552	210
5	5,81	23,2	71,7	94,9	75,5	18,0	541	220

При этом также незначительно увеличивалась гидролитическая и обменная кислотность. Ниже сумма поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями. Но она находилась в пределах, достаточных для роста и развития высеванных трав. Увеличилось содержание калия в 1,4-1,7 раза по вариантам опыта.

В табл. 4 приведены материалы расчета баланса подвижных форм фосфора и калия при различных режимах поемности. При этом учитывалось содержание подвижного фосфора и калия в почве, его запасы и внесение с минеральными удобрениями. Расходная часть баланса представлена выносом элементов питания урожаем за 5-ти летний срок роста и развития многолетних трав.

Анализируя данные по балансу подвижного фосфора в пахотном слое видно, что в пойменной торфяной почве под луговыми травами без затопления

Таблица 4

Содержание фосфора, калия в торфяной почве пойменного луга

Показатели	Травосмеси														
	Без затопления					Затопление 10 суток					Затопление 15 суток				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Содержание фосфора в торфяной почве пойменного луга															
Содержание в почве, мг на кг подв. P ₂ O ₅ 1 год	400	187	376	300	183	640	690	655	393	409	685	765	710	695	685
Запас подв. P ₂ O ₅ в почве кг/га 1 год	510,0	238,4	479,4	382,5	233,3	637,8	676,8	636,6	385,5	392,4	601,9	725,2	673,0	658,8	649,0
Внесение с мин.удобр., кг/га	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0	225,0
Содержание в почве, мг на кг подв. P ₂ O ₅ 5 год	414	456	442	385	390	710	692	687	634	674	604	528	574	552	541
Запас подв. P ₂ O ₅ в почве кг/га 5 год	658,2	725,0	702,8	612,1	620,1	798,7	772,8	772,8	703,7	758,2	602,1	570,2	619,9	596,2	584,0
Содержание калия в торфяной почве пойменного луга															
Содержание в почве, мг на кг подв. K ₂ O 1 год	109	92	99	91	88	240	200	190	133	140	160	150	160	130	130
Запас подв. K ₂ O в почве кг/га 1 год	138,9	117,3	126,2	116,7	112,2	235,4	196,2	186,4	131,4	137,3	151,7	142,2	151,7	123,2	123,2
Внесение с мин. удобр., кг/га	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0	600,0
Содержание в почве, мг на кг подв. K ₂ O 5 год	144	150	159	131	140	204	213	247	252	224	220	210	230	210	220
Запас подв. K ₂ O в почве кг/га 5 год	228,9	238,5	252,8	208,3	222,6	229,5	239,0	277,8	233,5	252,0	244,0	226,8	249,5	235,4	250,6

и при 10-ти дневном затоплении количество подвижного фосфора не снижается, а увеличивается в среднем по этим вариантам на 255,2 кг/га. Запас его в почве на начало исследований и внесение умеренной дозы P_{45} в течение пятилетнего периода были достаточными для роста и развития многолетних трав на всех вариантах опыта без затопления и при затоплении на 10 дней. Несколько уменьшилось количество подвижных форм фосфора при затоплении на 15 дней. Несмотря на это возделывание многолетних трав на пойменных торфяных почвах не приводило к обеднению почвенного плодородия, так как внесение минеральных форм фосфора и освобождение его из корневых и пожнивных остатков при их минерализации, а также торфа не только восполняют его потери при отчуждении урожая, но и создают запас в пахотном слое, повышая содержание подвижного фосфора.

Высокая обводненность почвенного профиля способствовала накоплению подвижных форм калия.

Если на первом году его содержание в пахотном слое в опыте без затопления было в пределах 88-109 мг/кг почвы, то на пятый год – 131-159, что в 1,45 раза выше. Такая же тенденция отмечается и в опытах при ежегодном затоплении на 10 и 15 суток.

Влажность и влагозапасы в пойменной почве выше в опытах при затоплении, что способствовало большему содержанию подвижных форм калия. При определении его в образцах 5-го года исследований отмечалось увеличение в 1,5 раза, по отношению к вариантам без затопления. Снижение влажности почвы приводило к уменьшению подвижных форм калия, так как некоторая часть почвенного калия и вносимого с минеральными удобрениями переходила в малодоступные и нерастворимые формы для растений.

Пятилетнее использование торфяной почвы под пойменным лугом не обедняет пахотный слой подвижными соединениями калия. Ежегодное внесение минеральных форм калия в норме K_{120} кг/га и почвенные запасы являются достаточными для формирования фитомассы на уровне 80-120 ц/га сухого вещества при режимах затопления на 10 и 15 суток и 70-80 ц/га сухого вещества при режиме без затопления.

Регулируемое затопление поддерживает режим поемности в аллювиальной торфяной почве и увеличение зольности происходит более плавно в зависимости от длительности режимов затопления, способствует созданию экологического равновесия в сформированном агроценозе пойменного луга.

При всех режимах поемности, как показали исследования, на формирование почвенного поглощающего комплекса оказывают влияние следующие факторы: время и уровень увлажнения почвы, внесение удобрений, периодичность затопления и практически не влияет видовой состав высеваемой травосмеси.

Наибольшая продуктивность пойменного луга зафиксирована в период корневищной или корневищно-рыхлокустовой фазы, при этом происходило несколько большее потребление элементов питания и их возврат в почву с корневыми и пожнивными остатками. Вынос питательных веществ в среднем на 10 ц продукции при этом составил P_2O_5 – 7,0 кг, K_2O – 18,0 кг.

ВЫВОДЫ

1. Возделывание многолетних трав на пойменных торфяных почвах не обедняет пахотный горизонт подвижными соединениями фосфора и калия.
2. Внесение минеральных форм фосфора в норме (P_{45}) и калия – (K_{120}) кг/га, запас данных элементов в почве является достаточным для формирования луговой фитомассы на уровне 80-120 ц/га сухого вещества при режимах затопления на 10 и 15 суток и 70-80 ц/га сухого вещества при режиме без затопления.
3. Выявленная направленность и степень изменения почвенных режимов аллювиальной торфяной почвы, в результате мелиоративных воздействий и сельскохозяйственного использования, может способствовать решению задачи по сохранению плодородия почв поймы р. Припять при луговом ее использовании, созданию устойчивой долгодолетней продуктивности агроэкосистемы с сохранением биоэнергетического и экологического ресурса пойменных торфяных почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010-2015 годы.
2. Бамбиза, И.М. Мощный импульс развития региона / И.М. Бамбиза // Экономика Беларуси. – 2010. – № 1. – С. 62-65.
3. Медведский, А.И. Мелиорация и луговое хозяйство на пойменных землях: сб.ст. / Белорус.НИИ мелиорации и лугового хозяйства: Сравнительная продуктивность сортов бобовых многолетних трав на торфяных затопляемых почвах / А.И. Медведский, И.Р. Струк. – Минск, 1996. – С. 131-138.
4. Медведский, А.И. Мелиорация и луговое хозяйство на пойменных землях: Сб.ст. / Белорус.НИИ мелиорации и лугового хозяйства: Изменение свойств аллювиальных торфяных почв под влиянием осушения и регулируемой поемности / А.И. Медведский, С.В. Тыновец. – Минск, 1996. – С. 57-62.
5. Синицин, Н.В. Продуктивность пойменных лугов / А.И. Медведский, И.Р. Струк. – Минск: Ураджай, 1987. – 85с.
6. Чаев, Е.П. Многолетние травы на торфяниках / Е.П. Чаев.– Минск, Ураджай, 1989. – С. 18-19.
7. Мееровский, А.С. Состояние пойменных земель в Полесье и их рациональное использование / А.С. Мееровский, А.Ф. Веренич, Т.Б. Рошка // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – №1(56). – С. 136-139.

SOIL MODES AGROSYSTEMS OF THE INUNDATED MEADOW

A.F. Verenich, S.V. Tynovets, O.S. Ryshkel

Summary

The article presents research data for 2001-2005, which examined changes of agrochemical indices floodplain peat soil. As a result, it was found that the formation of the soil absorbing complex is influenced by the next factors: time and level of soil moisture, fertilization, frequency of flooding and hardly affects the species composition of sown grass mixtures under all poemnosti.

Поступила 14 марта 2011 г.

ПАРАДОКСЫ ПОЛУГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ

Т.А. Романова², И.А. Ефимова¹, Н.Н. Ивахненко¹, Ж.А. Капилевич

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Белорусское общество почвоведов, г. Минск

ВВЕДЕНИЕ

Полугидроморфные почвы по определению развиваются в условиях периодического избыточного увлажнения. Однако в разных современных классификациях ни номенклатура, ни классификационное положение этих почв не дают достаточно ясного представления не только о свойствах, но даже о признаках, позволяющих выделить общие, присущие всем этим почвам отличительные особенности, и дать представление об их разнообразии.

В Беларуси эти почвы всегда находились в поле зрения исследователей и практиков, поскольку избыточное увлажнение, широко распространенное на равнинах, сложенных породами ледниковой аккумуляции, издревле вызывало необходимость применения осушительных мелиораций. Во второй половине XX века мелиорация земель в Республике стала делом государственной важности, постоянно требующим информации в виде почвенных карт и рекомендаций по улучшению почв, что немало способствовало их изучению.

В результате в белорусской школе почвоведения была разработана группировка переувлажненных (полугидроморфных и гидроморфных) почв по характеру и степени увлажнения, с диагностическими признаками и количественными показателями увлажненности. Особую сложность при этом вызвала характеристика полугидроморфных почв, заставившая изменить некоторые традиционные представления и позволившая отметить в данной публикации своеобразие их свойств, условий формирования и сельскохозяйственного использования, в том числе необходимости и вида мелиораций.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основными объектами исследований были дерново-подзолистые заболоченные почвы Беларуси, развивающиеся на пяти вариантах почвообразующих пород (рыхлые супеси, супеси, подстилаемые мореной, лессовидные суглинки, моренные суглинки, озерноледниковые глины) и детальные карты почв мелиоративных объектов Белорусского Полесья (КСУП «Днепро-Бугский» Кобринского района, МО «Дубовое» Кобринского района Брестской области).

В исследованиях применялись сравнительно-географические и эколого-аналитические методы, обобщались и анализировались результаты многолетних наблюдений и диссертационных работ [1, 2, 3 и др.].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Прежде чем описывать своеобразие полугидроморфных почв гумидной зоны необходимо показать их место и границы в общей системе знаний о почвах умеренного пояса.

Сопоставление наиболее известных классификаций и систематических списков почв разных стран показало, что полугидроморфные почвы везде являются самостоятельным объектом исследований, но границы между ними и автоморфными почвами, а также между полугидроморфными разной степени и характера увлажнения определены недостаточно четко, и номенклатура, по большей части, различна. Тем не менее, имея дело со сходными по природе объектами, любой исследователь может узнать «своих», под каким бы именем они не описывались. Ради облегчения этой задачи, приводим место полугидроморфных почв в наиболее известных классификационных системах.

В качестве отправного момента используется классификация почв Беларуси 2007 г. [4]. Не рассматривая всех деталей построения этой классификации, отметим только, что в ней среди отдела естественных почв выделен особый класс полугидроморфных с подклассами полугидроморфных: дерновых, подзолистых и аллювиальных дерновых. В каждом подклассе выделяются типы: дерновые заболачиваемые, дерново-карбонатные заболачиваемые; подзолистые заболачиваемые и дерново-подзолистые заболачиваемые, с подразделением каждого на надподтипы: слабogleеватых, глееватых и глеевых. Эти почвы отображены на крупно- и среднемасштабных почвенных картах республики и являлись предметом специального изучения авторами статьи с особым вниманием к их мелиоративным особенностям.

В классификации почв России (2004) [5] в стволе постлитогенных выделены отделы текстурно-дифференцированных, глеевых и гидрометаморфических почв, которые все можно отнести к числу полугидроморфных. Среди текстурно-дифференцированных есть типы: дерново-подзолисто-глеевые, темно-серые глеевые. В качестве подтипов дерново-подзолистых и других рассматриваются глееватые. Очевидно, что целостное представление о полугидроморфных почвах здесь не сформулировано.

В определенной мере оно компенсируется исследованиями Ф.Р. Зайдельмана [6], который доказывает, что все почвы с осветленными подгумусовыми горизонтами, то есть все подзолистые и дерново-подзолистые, формируются с участием процессов оглеения и, следовательно, могут быть отнесены к числу гидроморфных заболоченных, по терминологии автора, иначе полугидроморфных почв.

В классификации почв Германии [7] полугидроморфные почвы выделены в составе отдела гидроморфных, как классы почв поверхностного застойного увлажнения с типами: псевдоглеев и стагноглеев, класс аллювиальных (луговых) и класс глеев. В классах выделяются (не всеми авторами) слабо-, средне-, и сильнооглеенные.

Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов (WRB) [8, стр. 6] содержит полугидроморфные почвы на самом высоком таксономическом уровне в виде самостоятельных реферативных почвенных групп под названиями: альбелювисоли (по степени увлажнения примерно соответствуют дерново-подзолистым слабogleеватым почвам белорусской схемы), планосоли (по белорусской градации – дерново-подзолистые глееватые) и стагносоли (дерново-подзолисто-глеевые), а также глейсоли, постоянно или временно переувлажненные грунтовыми водами.

Как оказалось, хорошее сходство в отношении к полугидроморфным почвам существует между классификацией почв Беларуси и 7-м приближением таксономии почв США [9]. Совпадают по смыслу не только градации почв поверхност-

ного переувлажнения по степени гидроморфизма, но также временные методы количественной оценки и даже параметры (порядок величин), что подтверждает табл. 1 [10, с.89].

Таблица 1

Параметры увлажненности почв

Классификация почв Беларуси		Таксономия почв США	
степень гидроморфизма почв	% дней в году с влажностью > НВ	степень гидроморфизма почв	% дней с влажностью > – 1500 кПа в 60% лет
глеевые	75	аквик	100
глееватые	33	удик	75
слабоглееватые	22	устик	50
автоморфные	8	аридик	25

НВ* – наименьшая влагоемкость почвы – константный показатель, характеризующий наибольшее количество влаги, которое почва может удержать от стекания.

1500 кПа** – измеряемый тензиометром потенциал активной влаги в слое 0-25 см, примерно соответствующий НВ (> НВ, но < ПВ – полной влагоемкости).

В белорусской школе для обозначения степени гидроморфизма первого члена ряда полугидроморфных почв используются синонимы: слабоглееватые и временно избыточно увлажненные. Последнее название подчеркивает, что, морфологические признаки оглеения в виде голубоватой или даже белесой окраски подгумусовых горизонтов в этих почвах отсутствуют, тогда, как об избыточном увлажнении свидетельствует наземный покров лесной растительности и луговые травостои, снижение по сравнению с автоморфными почвами урожайности сельскохозяйственных культур и задержка с весенней обработкой почвы. Морфологическое переувлажнение профиля заметно по признакам средней и нижней частей профиля в виде наличия пунктации марганца, ржаво-охристых, желто-бурых прожилочек или расплывчатых пятен.

Глееватые почвы отличаются наиболее пестрой окраской подгумусовых горизонтов с белесо-сизоватыми и охристо-ржавыми пятнами, с обилием твердых железистых конкреций. В подгумусовых горизонтах глеевых почв, преобладают холодные сизовато-белесые и голубые тона и резко уменьшается, количество конкреций.

Морфология профилей хорошо соответствуют количеству влаги, участвующей в формировании почв.

Таблица 2 характеризует увлажнение автоморфных и полугидроморфных (дерново-подзолистых заболоченных) почв Беларуси через число дней с избыточным – >НВ (наименьшая влагоемкость) и недостаточным – <ВРК (влажность разрыва капиллярных связей) увлажнением за период апрель-октябрь. Здесь хорошо заметна разница между автоморфными и полугидроморфными почвами, что позволяет относить к категории последних почвы, в которых переувлажнение в среднем многолетнем разрезе продолжается более 30 дней в течение вегетационного периода.

Пограничное положение слабоглееватых почв между автоморфными и полугидроморфными определило особое мнение об их мелиоративных особенностях, т.е. о потребности в регулировании водного режима, которая, как ни в каком дру-

гом случае, зависит от гранулометрического состава покровной породы. Из числа дерново-подзолистых слабоглееватых почв объектом мелиорации являются только суглинистые и глинистые, реже связносупесчаные, тогда как для песчаных почв непродолжительное (20 дней) и небольшое (< 1,2) превышение НВ обуславливает саму возможность их пахотного использования по сравнению с автоморфными на тех же породах, где недостаток влаги продолжается более половины вегетационного периода в годы средние по увлажнению и почти весь вегетационный период – в сухие (табл. 2). Это потребовало исключать из мелиоративного фонда слабоглееватые почвы, развивающиеся на рыхлых породах.

Таблица 2

Количественная характеристика степени гидроморфизма почв Беларуси, число дней за вегетационный период (апрель-октябрь) с влажностью слоя 0-20 см >НВ и <ВРК

Почвообразующие породы	Степень гидроморфизма							
	автоморфные и оглеенные внизу или на контакте		временно избыточно увлажненные (слабоглееватые)		глееватые		глеевые	
	>НВ	<ВРК	>НВ	<ВРК	>НВ	<ВРК	>НВ	<ВРК
Рыхлые супеси и пески	$\frac{10-0}{0}$	$\frac{130-190}{170}$	$\frac{50-5}{20}$	$\frac{40-170}{120}$	$\frac{110-20}{50}$	$\frac{0-90}{60}$	$\frac{160-60}{120}$	$\frac{0-40}{10}$
Супеси, подстилаемые мореной	$\frac{10-0}{0}$	$\frac{90-170}{120}$	$\frac{50-10}{30}$	$\frac{30-140}{90}$	$\frac{120-40}{70}$	$\frac{0-70}{50}$	$\frac{170-120}{140}$	$\frac{0-30}{15}$
Лессовидные суглинки	$\frac{20-0}{10}$	$\frac{80-120}{100}$	$\frac{50-10}{30}$	$\frac{30-120}{80}$	$\frac{120-50}{80}$	$\frac{0-60}{40}$	$\frac{170-110}{140}$	$\frac{1-20}{10}$
Моренные суглинки	$\frac{20-0}{10}$	$\frac{70-130}{100}$	$\frac{60-20}{40}$	$\frac{20-110}{70}$	$\frac{120-50}{80}$	$\frac{0-60}{40}$	$\frac{160-80}{120}$	$\frac{0-20}{10}$
Озерно-ледниковые глины	$\frac{20-0}{10}$	$\frac{80-130}{110}$	$\frac{70-20}{40}$	$\frac{30-90}{50}$	$\frac{120-50}{80}$	$\frac{0-60}{40}$	$\frac{160-80}{120}$	$\frac{0-20}{0}$
Максимальная влажность в долях НВ	< 1,2		1,2-1,5		1,5-1,9		1,9-2,2	

Примечание: в числителе – во влажный и сухой годы, в знаменателе – в средний по увлажненности год.

Почвы: автоморфные – дерново-подзолистые (палевые), полугидроморфные – дерново-подзолистые заболоченные

Наиболее характерной особенностью всех слабоглееватых почв является тот факт, что, в них, наряду с периодом избыточного увлажнения, который в 3-4 раза продолжительнее, чем в автоморфных, число дней с недостатком влаги значительно больше, чем с избытком и ощущается в годы недостаточного и среднего увлажнения (табл. 2). Это объясняется трансформацией почвенных минералов при переувлажнении в процессе оглеения, вызывающей снижение водоудерживающей способности минерального субстрата почвообразования, от которого влагоемкость почвы зависит на 80%. В результате весенний запас влаги расходуется по всем статьям очень быстро и дальнейшее водоснабжение растений приобретает стихийный характер, так что на этих полугидроморфных почвах растения страдают больше от недостатка влаги, чем от ее избытка, хотя именно им и объясняется недостаток.

В связи с такой особенностью, слабogleеватые почвы, включаемые в мелиоративный фонд, нуждаются не столько в удалении весеннего избытка воды, сколько в переводе ее для сохранения в подгумусовые горизонты, что достигается глубоким рыхлением (чизелеванием). Влагоемкость пахотного слоя может быть повышена увеличением содержания в нем гумуса.

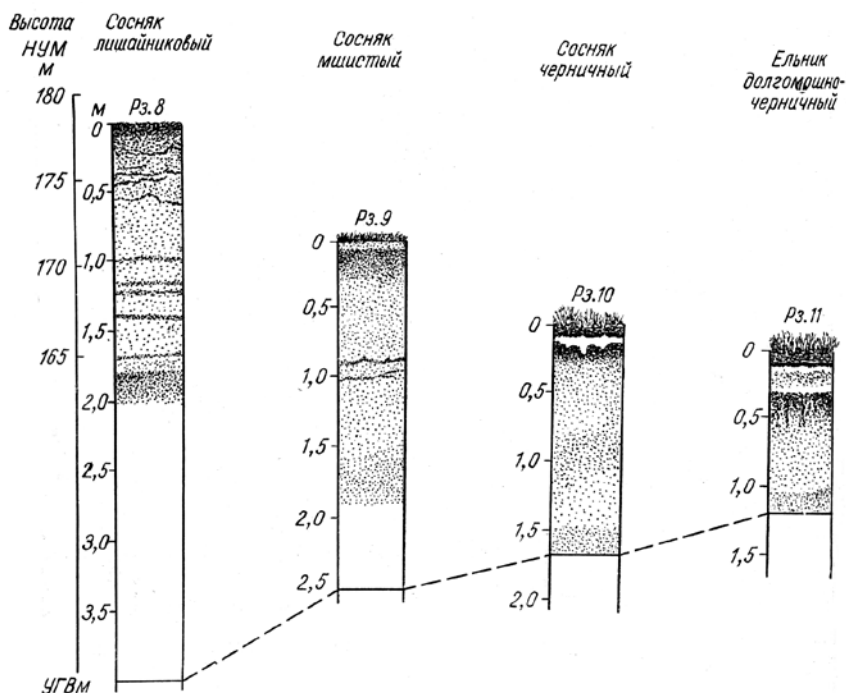
Натурные наблюдения, учет урожайности полевых культур и показатели таблицы 2 дают обоснование выводу о том, что дерново-подзолистые глееватые почвы в естественном состоянии не пригодны для пахотного использования. Оценка таких почв по принятой в Беларуси 100-балльной шкале [11] на 30-40 баллов ниже по сравнению с автоморфными того же гранулометрического состава.

В глееватых почвах, согласно данным табл. 2, хотя и преобладает количество дней с избыточным увлажнением, однако они испытывают достаточно продолжительный период с его недостатком, что также связано с трансформацией минералов в процессе глееобразования. Это означает, что здесь особенно необходимо применение агротехнической мелиорации в сочетании с гидротехнической, направленной на улучшение водно-физических свойств почв.

Только в глеевых почвах основной причиной, определяющей их свойства и возможность сельскохозяйственного использования, является избыточное увлажнение, господствующее в течение всего вегетационного периода даже в сухие годы (табл. 2) и имеющее следствием оценку на 40-50 баллов более низкую, чем почвы нормального увлажнения. В таких почвах, первостепенное значение, имеет устранение избытка влаги с последующей интенсивной агротехнической мелиорацией, поскольку водно-физические свойства глеевых почв особенно неблагоприятны.

Немалый интерес и несколько неожиданные результаты дали наблюдения за влажностью почв и уровнем почвенно-грунтовых (УПГВ) и грунтовых (УГВ) вод в границах почвенной комбинации, состоящей из полугидроморфных и автоморфных почв, развитых на водно-ледниковых переработанных ветром песках в условиях атмосферного увлажнения в Березинском биосферном заповеднике и в Полесье. Они показали, что даже на песках влага атмосферных осадков перераспределяется по рельефу в основном поверхностным стоком. Пространственная вертикальная инфильтрация осадков проявляется только в условиях избыточного увлажнения. Глубина проникновения гравитационной влаги нарастает с увеличением гидроморфизма почв.

На рис. 1 приведены разрезы с указанием абсолютной высоты их над уровнем моря, определенной по гипсометрической карте, и синхронное положение УПГВ в описываемых почвах и в наблюдательных трубах, установленных около каждого разреза. Рисунок обнаруживает, что УПГВ при синхронном определении располагается далеко не параллельно земной поверхности. Это наблюдение подтвердилось тем фактом, что после выпадения обильных дождей УПГВ в наиболее заболоченной почве установился на глубине 20 см практически сразу после выпадения осадков, а в автоморфной почве уровень воды в семиметровой трубе поднялся на 50 см только через 2 недели. Это заставляет предполагать, что увлажненность песчаных ландшафтов, в конечном счете определяется не столько выпадающими осадками, сколько в результате движения почвенно-грунтовых вод от почв полугидроморфных (с наиболее высокой степенью гидроморфизма) к автоморфным.



Разрез 8 – дерново-палево-подзолистая песчаная на рыхлых песках.

Разрез 9 – дерново-подзолистая оглеенная внизу песчаная на рыхлых песках.

Разрез 10 – дерново-подзолистая временно избыточно увлажняемая с иллювиально-гумусовым горизонтом на рыхлых песках.

Разрез 11 – дерново-подзолистая глееватая с иллювиально-гумусовым горизонтом на рыхлых песках.

Рис. 1. Уровень почвенно-грунтовых вод в катене дерново-подзолистых почв

Это подтверждают исследования Л.П. Смоляка [12], который отмечал, что на осушенном участке после закрытия шлюза УГПВ в наименее увлажненных почвах поднимается только через 10-12 дней, а также тот факт, что на мелиоративных объектах, где осушение осуществляется путем понижения УГПВ, оно особенно сильно проявляется в автоморфных и слабogleеватых почвах.

Первые 4 строчки табл. 3 дают представление об увлажненности почв и содержании влаги в объекте на июль месяц. Избыток влаги наблюдается в каждой почве и по объекту в целом. Снижение УГПВ глеевой почвы до 100 см (всего на 30 см по сравнению с исходным показателем) приводит к значительному общему дефициту влаги за счет слабogleеватых и глееватых почв. Особое внимание в этом расчете привлекает изменение глубины почвенно-грунтовых вод, которая в слабogleеватых почвах упала на 163 см.

Второе положение, которое сформировалось в результате режимных наблюдений за перераспределением влаги на осушаемых территориях Полесья, связано с первым и с тем, что мнение о недалеком распространении влияния осушителей, на окружающие пространства, часто является ошибочным потому, что понижение УГВ на участке с высокой степенью увлажнения вызывает приток воды со стороны относительно повышенных и менее увлажненных частей территории, тем самым,

маскируя действие осушителя. Рисунок 2 отражает состояние влажности дерново-глеевой песчаной неосушенной почвы на объекте КСУП «Днепро-Бугский». Судя по хроноизоплетам, здесь должна бы сформироваться торфяная почва, так как практически весь профиль в течение всего года находится в состоянии насыщения до полной влагоемкости, но фактически даже содержание гумуса (около 6%) можно отнести лишь к средним для таких почв значениям. Вероятно, это объясняется дополнительным поступлением воды на этот участок после общего понижения УГВ на объекте, которое еще не отразилось на свойствах почвы. Сведения о сильно различающемся влиянии осушителей на окружающие территории (от нескольких десятков метров, до 1-2-х км), очевидно, можно объяснить площадями водосборов и структурой их почвенного покрова.

Таблица 3

Изменения параметров увлажненности почв при понижении УПГВ (объект «Дубовое» Лунинецкого района Брестской области)

Параметры увлажненности	Дерново-подзолистые заболочиваемые почвы			Влагозапас в объекте, мм	Избыток или недостаток влаги в объекте, мм
	слабо-глееватые	глееватые	глеевые		
До понижения УПГВ					
УПГВ, см	220	115	70	11393	3074
Влагозапас, мм	2747	3190	5456		
Избыток влаги, мм	191	577	2306		
Число дней с влажностью > НВ	10	40	100		
После понижения УПГВ					
УПГВ, см	383	172	100	7169	-1152
Влагозапас, мм	1404	2060	3715		
Избыток влаги, мм	-1153	-563	565		
Число дней с влажностью > НВ	-	-	40		

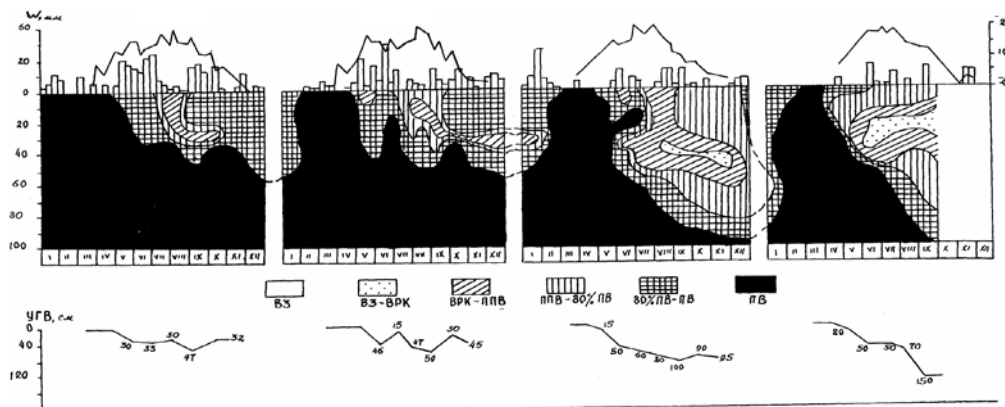


Рис. 2. Хроноизоплеты влажности и уровни грунтовых вод в дерново-глеевых неосушенных почвах

ВЫВОДЫ

Таким образом, к числу парадоксальных особенностей дерново-подзолистых заболоченных (полугидроморфных) почв следует отнести:

1. На дерново-подзолистых слабоглееватых и глееватых почвах, используемых в естественном состоянии, снижение урожайности обусловлено недостатком влаги в летний период.

2. На песчаных равнинах с преобладанием дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных почв движение почвенно-грунтовых вод осуществляется от более увлажненных почв к менее увлажненным.

3. На мелиоративных объектах, с почвенным покровом, включающим участие минеральных почв, в последних имеет место наиболее сильное падение уровня почвенно-грунтовых и грунтовых вод.

4. Влияние осушителей на прилегающие территории определяется количеством воды, поступающей с водосбора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелиоративная характеристика минеральных заболоченных почв БССР: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Ж.А. Капилевич. – Елгава, 1979. – 161 с.

2. Ивахненко, Н.Н. Мелиоративные особенности почв, развитых на лессовидных суглинках Центральной Белоруссии: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Н.Н. Ивахненко. – Минск, 1988. – 246 с.

3. Ефимова, И.А. Формирование и изменения песчаных почв атмосферного и грунтового увлажнения под влиянием осушительной мелиорации: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / И.А. Ефимов. – Минск, 1996. – 161 с.

4. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика, систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 220 с.

5. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

6. Зайдельман, Ф.Р. Теория образования светлых кислых элювиальных горизонтов почв и ее прикладные аспекты / Ф.Р. Зайдельман. – М.: КРАСАНД, 2010, 248 с.

7. Красильников, П.В. Почвенная номенклатура и корреляция / П.В. Красильников. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. – 435 с.

8. Таргульян, В.О. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв / В.О. Таргульян, М.И. Герасимова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007, 278 с.

9. Ключи к таксономии почв. – Линкольн (Небраска), 1997. – 410 с.

10. Карпачевский, Л.О. Экологическое почвоведение / Л.О. Карпачевский. – М.: ГЕОС, 2005. – 336 с.

11. Внутрехозяйственная качественная оценка (бонитировка) почв республики Беларусь по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур: метод. указания. – Минск, 1998. – 25 с.

12. Смоляк, Л.П. Эколого-физиологические основы мелиорации почв агрофитоцинозов / Л.П. Смоляк, В.Г. Ревуцкий. – Минск: Наука и техника. – 1974. – 160 с.

THE PARADOXES OF THE SEMI-HYDRAMORPHIC SOILS

T.A. Romanova, I.A. Efimova, N.N. Ivahnenko, G.A. Kapilevich

Summary

The paradoxical features of sod-podzol marsh (semi-hydromorphic) soils are the following: sod-podzolic gleyey soils used in its natural state, reducing crop yield is stipulated by the lack of moisture during the summer period. On the sandy plains dominated by sod-podzolic automorphic and semi-hydromorphic soils of the movement of soil and groundwater is carried out on more moist soils to a less humid. On reclamation sites, with soil cover, which includes part of mineral soils, in the past have the most severe decline in the subsoil and groundwater. Effect of desiccants on adjacent areas determined by the amount of water flowing from the watershed.

Поступила 13 марта 2011 г.

УДК 631.6:631.445

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ДЛИТЕЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ФОСФАТОВ

Н.Н. Семененко

Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед земледелием Беларуси стоит задача – существенно повысить эффективность использования земли, удобрений и других средств интенсификации производства, снизить себестоимость растениеводческой продукции. В то же время при ведении земледелия на торфяных почвах одна из важнейших проблем – продлить их эффективное функционирование, снизить интенсивность минерализации органического вещества и сохранить плодородие на более длительный срок.

Результаты многочисленных исследований и практика ведения сельскохозяйственного производства показывают, что под влиянием антропогенного воздействия со временем на месте торфяных почв образуются антропогенно-преобразованные торфяные почвенные комплексы с другими свойствами. Анализ литературных источников показывает [1-15], что по мере «сработки» торфа наряду с трансформацией морфологического строения почвенного профиля торфяных почв, также существенно снижается содержание в них органического вещества, изменяется его состав, ухудшаются водно-физические, физико-химические и биологические свойства, плодородие и производительная способность [16]. К настоящему времени площади антропогенно-преобразованных торфяных почв уже составляют около 200 тыс. га, постоянно увеличиваются и по прогнозу в перспективе могут достигнуть 350 и более тыс. га.

Рядом исследователей установлено [3, 5-7, 17 и др.], что одним из существенных факторов, оказывающих влияние на минерализацию органического вещества и снижение потенциального плодородия торфяной почвы является способ их сельскохозяйственного использования. Осушенные торфяные почвы рекомендуется использовать в основном под травы или в севооборотах с наличием в структуре посевных площадей трав не менее 50% [6, 7, 17 и др.]. В то же время в производственных условиях на значительных площадях этих почв высеваются зерновые и пропашные культуры (кукуруза, картофель, корнеплоды), под которыми минерализация органического вещества торфа происходит более интенсивно.

В связи с изложенным, а также с планируемым проведением мелиорации на новых территориях Припятского Полесья научное и практическое значение имеет более глубокая оценка влияния осушения и разных способов использования торфяной почвы на происходящие в ней процессы. В научной литературе встречается значительное количество данных о влиянии способа сельскохозяйственного использования осушенных торфяных почв на трансформацию их морфологического строения, водно-физических и биохимических свойств [5-12]. Однако результатов исследований посвященных установлению закономерностей трансформации фракционного состава фосфатов под влиянием различных способов использования торфяных почв не встречено. В то же время эволюция фосфатов является важнейшим показателем почвообразовательного процесса торфяных почв и трансформации их потенциального и эффективного плодородия. Такие данные также могут быть наиболее объективным критерием при оценке факторов, способствующих деградации торфяных почв, разработке рекомендаций по более эффективному их использованию в земледелии и при применении удобрений.

Фосфаты в торфяных почвах представлены различными соединениями. Валовое содержание их в торфяных почвах разных стадий эволюции может колебаться в пределах от 0,02 до 0,70% на сухую массу, которые представлены органическими и минеральными соединениями. По результатам исследований ряда авторов [18-21 и др.] содержание органических соединений фосфатов в торфяных почвах колеблется в пределах от 74 – до 93% от общего. Эти соединения фосфора доступны растениям только после минерализации органического вещества. Минеральные соединения фосфатов находятся в почве в виде солей ортофосфорной кислоты одновалентных (K, NH₄, Na, Ca, Mg), двухвалентных (Ca, Mg и др.) и трехвалентных катионов (Al, Fe, Ca, Mg и др.). Чем больше основная соль, тем меньше её растворимость и доступность фосфатов растениям. Все соли калия, натрия и аммония и одноосновные соли кальция и магния растворимы в воде и являются непосредственным источником фосфорного питания растений. Их количество в торфяных почвах колеблется в пределах 0,5-2,5% от валового содержания [18-21 и др.]. Двухосновные соли кальция и магния, фосфаты полуторных окислов алюминия и железа не растворимы в почвенном растворе, но растворимы в лимонной кислоте или в растворе лимоннокислого аммония и являются потенциально усвояемыми для растений соединениями. Трехосновные фосфаты кальция, магния и полуторных окислов лишь частично растворимы в лимонной кислоте и практически недоступны растениям.

Усвояемость соединений фосфатов растворимых в лимонной кислоте составляет около 40-50% от усвояемости фосфатов растворимых в воде. Растения поглощают фосфаты этих соединений лишь при остром недостатке водорастворимых

за счет обменных реакций. Доказано, что содержание потенциально усвояемых фосфатов в почвах составляет около 5-10% от общего фосфора. Таким образом, фосфатный фонд торфяных почв представлен соединениями легкодоступными, доступными, потенциально доступными и недоступными для растений. Поэтому в агрономических целях в торфяных почвах важно установить не только содержание валовой формы фосфатов, а и состав его соединений по степени доступности растениям, его трансформацию под влиянием антропогенных факторов.

Цель исследований – установить фракционный состав фосфатов и особенности его трансформации под влиянием осушения и различных способов длительного сельскохозяйственного использования торфяных почв Припятского Полесья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований на болотном массиве «Хольче» Лунинецкого района Брестской области площадью более 25 тыс. га на землях Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗиЛ) НАН Беларуси подобраны участки: неосушенный (заповедник) торфяник с мощностью торфа 68-85 см и почвы стационара «Севообороты» ПОСМЗиЛ. На почвах стационара исследовалось влияние трех способов многолетнего (50 лет) сельскохозяйственного использования мелкозалежного торфяника: (1-100% – монокультура злаковых трав; 2 – культуры севооборота: 50% – травы, 33% – зерновые и 17% – пропашные; 3-100% – монокультура пропашных) на трансформацию фракционного состава фосфатов почвы. На объектах исследований отобраны смешанные почвенные пробы, каждая из которых составлялась из 5 индивидуальных. Для более объективной оценки влияния антропогенного воздействия на эволюцию торфяных почв пробы отбирались из 2-х слоев – 0-20 и 21-40 см. Все анализы выполнялись в 3-х кратном повторении.

При выполнении аналитических работ за основу взяты известные методические подходы [22] определения фракционного состава фосфатов в нашей модификации для торфяных почв. Содержание валовых форм фосфатов определялось после мокрого озолоения почвы, сумма минеральных соединений – по Хейфец, 1965 г. (4м HCl), органические – по разности между валовыми и минеральными соединениями, подвижные – по ГОСТ 26207-91(0,2 м HCl) [23], доступные – по Семеновко и др. (0,2 м CH₃COOH) [24] и легкодоступные – по Карпинскому и Замятиной, 1958 г.(0,03 м K₂SO₄). Предполагаем, что в состав легкодоступных растениям соединений входят одноосновные и частично двухосновные фосфаты. В состав же подвижных, растворимых в 0,2 м HCl (pH-0,9), как отмечает автор метода (А.Т. Кирсанов, 1933 г.), наряду с доступными входят и недоступные растениям соединения, например 3-х замещенные фосфаты кальция и полуторных окислов, апатиты и фосфориты. За исключением подвижных по всем другим соединениям фосфатов разработан новый ход проведения анализа для торфяных почв – соотношение почва: растворитель и время их взаимодействия, шкалы стандартных растворов и др. Методики находятся в стадии публикации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в результате длительного (50 лет) использования мелкозалежного торфяника под монокультурой трав, в севообороте с 50% трав и моно-

культурой пропашных в почве произошли значительные изменения в морфологическом строении профиля, содержании органического вещества, количественном и качественном составе фосфатов. На момент закладки стационара (1960 г.) средняя мощность торфа составляла около 69 см. В настоящее время мощность органогенного слоя составляет под травами – 42 см, культурами севооборота – 35 и пропашными – 25 см с различным содержанием органического вещества: 45,3, 17,2 и 5,8% соответственно.

Приведенные в таблице 1 результаты исследований показывают, что в расчете мг/кг почвы за 50 лет содержание валовой формы фосфатов под травами увеличилось в сравнении с почвой заповедника в слое 0-20 см на 84% и в слое 21-40 см – на 39%. Однако под культурами севооборота и, особенно, под пропашными концентрация валовой формы фосфатов в агроторфяной почве в сравнении с почвой заповедника снизилась. Это снижение произошло, прежде всего, за счет уменьшения долевого участия фосфатов органических соединений. При разных способах сельскохозяйственного использования агроторфяной почвы содержание минеральных, подвижных, доступных и легкодоступных соединений фосфатов в ней в сравнении с неосушенной значительно повысилось как в пахотном, так и в подпахотном слоях. В почвах занятых культурами севооборота в слое 0-20 см меньше в сравнении с травами накопилось валовых форм фосфатов – на 62%, органических – 70, минеральных – 42, подвижных – 33, доступных – 42 и легкодоступных – на 74%. Еще меньше накопилось валовых, органических, минеральных и подвижных форм фосфатов при использовании почв постоянно под пропашными культурами. Однако в этих почвах содержание доступных растениям фосфатов остается на достаточно высоком уровне.

Таблица 1

Влияние способа длительного использования торфяных почв на содержание форм фосфатов, мг/кг

№	Способ использования почв	ОВ, %	Соединения фосфатов					
			Валовые	Органические	Минеральные			
					всего	в том числе		
				подвижные		доступные	легкодоступные	
Слой 0-20 см								
1.	Торфяная неосушенная, заповедник	83,7	3175	2689	486	118	13	14
2.	Травы-100%	45,3	5833	4119	1714	1283	133	82
3.	Травы-50%+зерновые-33% + пропашные 17%	17,2	2268	1266	1002	858	78	21
4.	Пропашные 100%	5,8	906	304	602	363	75	40
Слой 21-40 см								
1.	Торфяная неосушенная, заповедник	88,5	1734	1626	108	132	18	14
2.	Травы 100%	29,0	2402	1628	774	575	35	35
3.	Травы 50% + зерновые 33% + пропашные 17%	14,9	1820	844	976	752	66	25
4.	Пропашные 100%	4,4	532	228	304	224	53	32

**Влияние способа использования торфяных почв
на эволюцию структуры соединений фосфатов**

№	Способ использования почв	Соединения фосфатов, %					
		Валовые (100%)	Органические	всего	Минеральные		
					подвижные	доступные	легкодоступные
Слой 0-20 см							
1.	Торфяная неосушенная, заповедник	3175	85	15	3,7	0,41	0,40
2.	Травы 100%	5833	71	29	22,0	2,28	1,41
3.	Травы 50% + зерновые 33% + пропашные 17%	2268	56	44	37,8	3,44	0,93
4.	Пропашные 100%	906	34	66	40,0	8,28	4,42
Слой 21-40 см							
1.	Торфяная неосушенная, заповедник	1734	94	6	7,6	1,04	0,69
2.	Травы-100%	2402	68	32	24,0	1,46	1,46
3.	Травы-50% + зерновые 33% + пропашные 17%	1820	46	54	41,3	3,63	1,37
4.	Пропашные 100%	532	43	57	42,1	10,0	6,02

Осушение и способ использования торфяных почв существенно трансформировали в них структуру фракционного состава фосфатов. Приведенные в таблице 2 результаты исследований показывают, что при осушении и вовлечении в культуру торфяника в составе соединений фосфатов как в пахотном (с 85 до 34%), так и в подпахотном (с 94 до 43%) слоях почвы существенно снижается долевое участие органических и соответственно возрастает удельный вес в валовой форме фосфатов минеральных соединений. В наибольшей степени трансформации подвергся фосфатный фонд торфяных почв занятых пропашными культурами и меньше – под травами. В сравнении с содержанием фосфатов в почве заповедника в слое 0-40 см под травами, культурами севооборота и пропашными удельный вес подвижных фосфатов в структуре увеличился с 3,7 до 22,0; 37,8 и 40,0% соответственно. Также под травами, культурами севооборота и пропашными в структуре фосфатов увеличился удельный вес доступных с 0,41 до 2,28; 3,44 и 8,22% и легкодоступных – с 0,40 до 1,41; 0,93 и 4,42% соответственно.

Данные таблицы 3 показывают, что осушение и способы длительного использования торфяных почв оказывают большое и разное влияние на запасы фосфатов в них и на плодородие. Так, в слое 0-40 см почвы запасы валовой формы фосфатов составляют: заповедник – 2,44; под травами – 8,31; культурами севооборота – 9,86 и пропашными – 2,62 т/га и увеличились в сравнении с почвами заповедника под травами – в 3,4; культурами севооборота – 4,0 раза и пропашными – на 7%. Также под влиянием длительного сельскохозяйственного использования в торфяной почве увеличились в сравнении с заповедником запасы всех фракций фосфатов. Наиболее высокие запасы подвижных – 3,88 и доступных растениям – 0,35 т/га фосфатов определены в почве под культурами севооборота. Запасы легкодо-

ступных растениям соединений фосфатов при разных способах использования торфяной почвы примерно одинаковые и составляют 110-130 кг/га.

Результаты исследований, приведенные в табл. 3 и на рис. 1, показывают, что запасы (т/га) в слое 0-40 см более объективно в сравнении с данными выраженными в мг/кг отражают характер влияния осушения и способов длительного сельскохозяйственного использования торфяных почв на трансформацию фракционного состава фосфатов и их плодородие. Под влиянием антропогенного воздействия в составе фосфатов снижается долевое участие органических с 88% – почвы заповедника до 70% – почвы под травами, 52 – культурами севооборота и 37% – под пропашными и соответственно повышается удельный вес минеральных соединений. Возрастают также относительные запасы подвижных (4,9; 22,9; 39,5 и 41,0%), доступных (0,8; 1,9; 3,5 и 9,2%) и легкодоступных (0,8; 1,4; 1,1 и 5,0%) фосфатов соответственно. Эти данные убедительно указывают на то, что под влиянием антропогенных факторов фосфатный фонд почв, особенно при использовании их под пропашные культуры, становится более «рыхлым».

Из полученных результатов исследований вытекают два следующих положения: 1 – в состав подвижных экстрагируется и значительная часть (78-92%) недоступных растениям соединений фосфатов; 2 – фракция фосфатов растворимых в 0,2м СН₃СООН (рН-3,5) близка по доступности растениям фосфатов удобрений, является наиболее объективным показателем обеспеченности почв и растений усвояемыми фосфатами, что упрощает расчет доз удобрений на планируемую урожайность.

Таблица 3

Влияние способа длительного использования торфяных почв на запасы форм фосфатов (слой 0-40 см), т/га

Способ использования почв	ОВ, % *	Соединения фосфатов					
		Валовые	Органические	Минеральные			
				всего	в том числе		
					подвижные	доступные	легко-доступные
Торфяная неосушенная, заповедник	83,7	2,44	2,14	0,30	0,12	0,02	0,02
Травы 100%	45,3	8,31	5,78	2,53	1,90	0,16	0,12
Травы 50% + зерновые 33% + пропашные 17%	17,2	9,86	5,08	4,78	3,88	0,35	0,11
Пропашные 100%	5,8	2,62	0,98	1,64	1,08	0,24	0,13

* Слой 0-20 см

Приведенные в таблице 4 результаты многолетних исследований ПОСМЗил показывают, что значительные различия в содержании соединений фосфатов в почвах при разных способах использования оказывают влияние на их плодородие и продуктивность исследуемых культур как при внесении только фосфорных и калийных, так и внесении полного удобрения NPK.

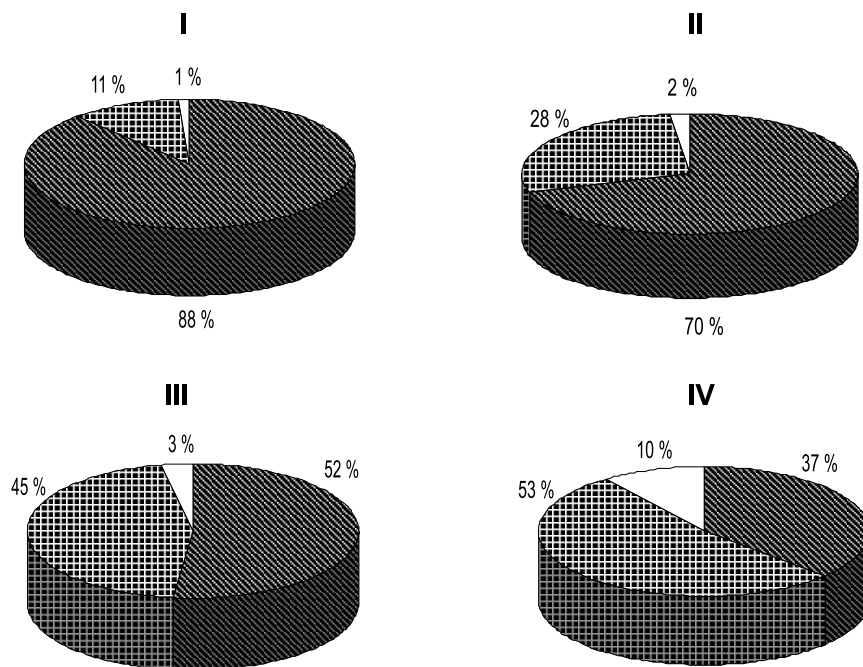


Рис. 1. Трансформация структуры соединений фосфатов торфяных почв под влиянием осушения и разных способов их сельскохозяйственного использования: почвы: I – неосушенная; II – под травами; III – культуры севооборота; IV – под пропашными. Соединения фосфатов: — органические; – минеральные недоступные; – минеральные доступные

Таблица 4

Влияние способов длительного использования торфяных почв на урожайность сухой массы культур (среднее за 1983-2008 гг.)

Структура севооборота	Применение удобрений, кг/га		
	P ₆₀ K ₁₅₀	P ₆₀ K ₁₅₀ N ₁₂₀	P ₆₀ K ₁₅₀ N ₂₄₀
1. Травы 100%	72,1	101,2	114,4
2. Травы 50%; зерновые 33%; пропашные 17%	63,6	76,8	86,1
3. Пропашные (картофель, кукуруза) 100%	56,6	65,0	67,8

На всех вариантах внесения удобрений наиболее высокий сбор сухой массы получен при монокультуре трав, ниже при культурах севооборота и ещё ниже – при культуре пропашных. Также и прибавка урожайности от применения азотных удобрений наиболее высокая на травах и ниже под культурами севооборота и монокультурой пропашных. Так, при внесении N₁₂₀ при монокультуре трав прибавка составляет 29,1; под культурами севооборота – 13,2 и монокультурой пропашных – 8,4 ц/га сухой массы. При внесении N₂₄₀ прибавка урожайности составляет 42,3; 22,5 и 11,2 ц/га соответственно. Эти данные указывают на то, что за 25-й летний период наибольшая производительная способность “сработанных” торфя-

ных почв сохранилась при использовании их под травами и наиболее низкая – под пропашными культурами.

ВЫВОДЫ

1. Под влиянием различных способов длительного сельскохозяйственного использования (50 лет) бывший мелкозалежный торфяник с мощностью торфяного слоя 69 см трансформировался в торфяно-минеральную и минеральную остаточнo-торфяную почву с мощностью органогенного слоя 42 см под травами, 35 – культурами севооборота и 26 см – монокультурой пропашных с содержанием ОВ 45,3-5,8%.

2. Осушение и способы длительного использования оказывают разное влияние на запасы фосфатов и плодородие торфяных почв. Если запасы валовой формы фосфатов в слое 0-40 см почвы заповедника составляют 2,44 т/га, то под травами они возрастают до 8,31, культурами севооборота – 9,86 и пропашными – 2,62 т/га или увеличились в 3,4 и 4,0 раза и на 7% соответственно. Увеличились в сравнении с заповедником запасы всех фракций фосфатов в почвах при разных способах их использования. Наиболее высокие запасы подвижных – 3,88 и доступных растениям – 0,35 т/га фосфатов определены в почве под культурами севооборота. Запасы легкодоступных растениям соединений фосфатов при разных способах использования торфяной почвы примерно одинаковые и составляют 110-130 кг/га.

3. В зависимости от способа использования почв существенно изменилась структура фракционного состава фосфатов. Под влиянием антропогенного воздействия в составе фосфатов снижается доленое участие органических с 88% – почвы заповедника до 70% – почвы под травами, 52 – культурами севооборота и 37% – под пропашными и соответственно повышается удельный вес минеральных соединений. Возрастают также относительные запасы подвижных (4,9; 22,9; 39,5 и 41,0%), доступных – (0,8; 1,9; 3,5 и 9,2%) и легкодоступных – (0,8; 1,4; 1,1 и 5,0%) фосфатов соответственно. Под влиянием антропогенных факторов, особенно при использовании почвы под пропашные культуры её фосфатный фонд становится более «рыхлым».

4. Запасы (т/га) в слое 0-40 см более объективно в сравнении с данными выраженными в мг/кг отражают характер влияния осушения и способов длительного сельскохозяйственного использования торфяных почв на трансформацию фракционного состава фосфатов и их плодородие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии. – Минск, 2001. – 182 с.
2. Зайко, С.М. Эволюция почв мелиорируемых территорий / С.М. Зайко [и др.] – Минск: Университетское, 1990. – 288 с.
3. Зайко, С.М. Прогноз изменения осушенных торфяно-болотных почв республики / С.М. Зайко, П.Ф. Вашкевич, А.В. Горблюк // Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации: доклады Междунар. конф. – Минск: БелНИИМил, 2001. – С. 104-107.

4. Зайко, С.М. Изменение морфологии и водно-физических свойств осушенных торфяных почв / С.М. Зайко, П.Ф. Вашкевич // Почвенные исследования и применение удобрений: сб. науч. тр. – Минск, 2001. – Вып. 26. – С.45-57.

5. Бамбалов, Н.Н. Роль болот в биосфере / Н.Н. Бамбалов, В.А. Ракович. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 285 с.

6. Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше / Под ред. В.И. Белковский [и др.]. – Минск: Хата, 2002. – 281 с.

7. Лихацевич, А.П. Мелиорация земель в Беларуси / А.П. Лихацевич, А.С. Мерковский, Н.К. Вахонин. – Минск: БелНИИМил, 2001. – 308 с.

8. Трансформация торфяно-болотных почв юго-западной части Республики Беларусь под влиянием осушения и длительного сельскохозяйственного использования (на примере Брестской области) / Смяян Н. Н. [и др.] // Известия Академии аграрных наук РБ. – 2000. – №3. – С. 54-57.

9. Цытрон, Г.С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г.С. Цытрон. – Минск, 2004. – 124 с.

10. Петухова, Н.Н. Геохимия почв Белорусской ССР / Н.Н. Петухова. – Минск: Наука и техника, 1987. – 231 с.

11. Слагада, Р.Г. Изменение физических свойств и состава торфяных почв в процессе их сельскохозяйственного использования / Р.Г. Слагада // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – №1(53). – С.119-127.

12. Усачева, Л.Н. Оценка степени деградации осушенных торфяных почв по биологическому критерию / Л.Н. Усачева, Н.В. Шорох // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – №1(55). – С.119-129.

13. Методические указания по полевому исследованию и картографированию антропогенно-преобразованных торфяных почв Беларуси / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – 19 с.

14. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64 с.

15. Семененко, Н.Н. Антропогенно-преобразованные деградированные торфяные почвы, их особенности и пути более эффективного использования / Н.Н. Семененко, П.П. Крот, О.Л. Толстяк // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – №6. – С. 53-56.

16. Внутрехозяйственная качественная оценка (бонитировка) почв республики Беларусь по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур: метод. указания. – Минск, 1998. – 25 с.

17. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / Антонюк В.С. [и др.]; под ред. А.А. Попкова. – Минск, 2001. – 308с.

18. Иванов, С.Н. Физико-химический режим фосфатов торфов и дерново-подзолистых почв / С.Н. Иванов. – Минск: Госиздат с.-х. литературы БССР, 1962. – 251с.

19. Лупинович, И.С. Торфяно-болотные почвы БССР и их плодородие / И.С. Лупинович, Т.Ф. Голуб. – Минск: Изд-во АН БССР, 1958. – 315 с.

20. Мельниченко, Е.И. Влияние мелиорации и сельскохозяйственного использования на фосфатный режим торфяных почв: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.И. Мельниченко. – Минск, 1988. – 23 с.

21. Семененко, Н. Н. Фосфорный режим торфяно-болотных почв и фосфорное питание картофеля: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Н. Н. Семененко; Ин-т земледелия. – Жодино, 1973. – 27 с.

22. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975 – 656 с.

23. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНА: ГОСТ 26207-91. – Введ. 01.07.93. – Минск: Госстандарт, 1992. – 6 с.

24. Семененко, Н.Н. Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н.Н. Семененко, В.А. Журавлев. – Минск, 2005. – 24 с.

INFLUENCE OF THE WAYS OF AGRICULTURAL USE OF PEAT SOILS ON THE TRANSFORMATION OFFRACTIONAL PHOSPHATE COMPOSITION

N.N. Semenenko

Summary

The results of the researches of studying the influence of long agricultural use of peat soils on the transformation of the reserves and structure of fractional phosphate composition are shown. It is established that the reserves of gross form of phosphate in the layer 0-40 cm of soil under the grass have increased in 3,4 times and crops rotation increased in 4 times and under the tilled crops increased on 7% in comparison with the reserve. The reserves of all fractions of phosphate in different soil use have increased, too. At the same time the share participation of organic compounds is dropping in phosphate composition and accordingly the specific share of mineral compounds especially available for plants is rising; phosphate fund is becoming crumbly.

Поступила 14 марта 2011 г.

УДК 631.51:546.36:631.445.2

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ АВТОМОРФНОЙ И ПОЛУГИДРОМОРФНОЙ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ НА ПОСТУПЛЕНИЕ ¹³⁷CS В РАСТЕНИЯ

Н.Н. Цыбулько¹, А.В. Ермоленко²,

¹Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, г. Минск, Беларусь

²Могилевский филиал РНИУП «Институт радиологии», г. Могилев, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси в сельскохозяйственном пользовании находится около 1,0 млн. га земель, загрязненных ¹³⁷Cs с плотностью 37 кБк/м² и выше, в том числе около 0,6 млн. га – пахотных земель. Радиоцезий основной дозообразующий радионуклид, определяющий радиационный фон и радиоактивное загрязнение почв.

Система почва – растение является начальным звеном экологического цикла переноса радионуклидов из внешней среды к человеку. Поведение радионуклидов зависит от множества факторов, среди которых выделяют: физико-химические свойства радиоактивных изотопов, генетические свойства и плодородие почв, биологические особенности культурных растений и агротехнологии их возделывания [1-3].

В научной литературе крайне мало данных о воздействии механической обработки почвы на поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения, а имеющиеся сведения показывают неоднозначность влияния ее на биологическую доступность радионуклидов.

Установлено [4], что применение чизельного рыхления способствует снижению содержания ^{137}Cs в зерне озимой ржи в 1,3, ячменя – 1,9, овса – 1,2, зеленой массе люпина – в 2,6 раза по отношению к отвальной вспашке. Максимальное содержание ^{137}Cs в зерне озимой ржи отмечалось в варианте с безотвальной дисковой обработкой, в зерне ячменя – при дисковании и вспашке существенных различий не наблюдалось. По мнению авторов, минимизация глубины основной обработки почвы под зерновые культуры в большинстве случаев не изменяла концентрацию ^{137}Cs в урожае, а отдельные колебания в накоплении его растениями по годам объясняются вероятным влиянием погодных условий вегетационных периодов.

По данным [5], полученным на дерново-подзолистой песчаной почве, вспашка отличалась более высокими коэффициентами перехода ^{137}Cs в зерно озимой ржи, ячменя и клубни картофеля. В других работах [6] удельная активность ^{137}Cs в зерне озимой ржи при отвальной вспашке по сравнению с минимальной обработкой почвы имела тенденцию к снижению.

На дерново-подзолистых почвах Брянской и Калужской областей Российской Федерации, загрязненных ^{137}Cs , достоверных различий в накоплении радионуклида зерном в зависимости от способов основной обработки не выявлено [7].

Установлена эффективность различных способов обработки почвы в снижении накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr при улучшении сенокосно-пастбищных земель [8]. Наибольшим снижением загрязнения растений (до 15 раз) по сравнению с отвальной вспашкой на разную глубину характеризовался вариант с применением дисковой обработки. Данный факт авторами объясняется измельчением радиоактивной дернины и перемешиванием ее при дисковании по всему обрабатываемому слою, способствуя сорбции радионуклидов минеральной компонентой почвы.

Цель исследования – изучить влияние систем обработки почвы, различающихся по способу, глубине и интенсивности воздействия на обрабатываемый слой, на параметры биологической доступности ^{137}Cs .

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2007-2009 гг. в полевом опыте на территории землепользования СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области. В 2007 г. возделывали овес Богач, в 2008 – пелюшко-овсяную смесь, в 2009 г. – яровую пшеницу Мунк.

Объектом исследования являлись дерново-подзолистые супесчаные автоморфная и глееватая почвы на водно-ледниковых рыхлых супесях. Плотность загряз-

нения ^{137}Cs пахотных горизонтов почв составляла: автоморфной почвы 520 кБк/м² (14,1 Ки/км²), глееватой почвы – 477 кБк/м² (12,9 Ки/км²).

За годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов различались. По величине гидротермического коэффициента 2007 г. характеризовался как умеренно влажный (ГТК = 1,4), 2008 и 2009 гг. – избыточно влажные (ГТК = 2,0 и 2,2) соответственно.

Схема опыта включала следующие системы обработки почвы:

- ▶ вариант 1 – система обычной отвальной обработки, включающая лущение стерни, отвальную вспашку на 20-22 см плугом ППО-4-40, предпосевную обработку агрегатом АКШ-7,2, посев сеялкой СПУ-3,6;
- ▶ вариант 2 – система безотвальной чизельной обработки, состоящая из лущения стерни, чизелевания на 20-22 см чизель-культиватором КЧ-5,4, предпосевной обработки агрегатом АКШ-7,2, посева сеялкой СПУ-3,6;
- ▶ вариант 3 – система безотвальной поверхностной обработки, включающая лущение стерни, дискование на 10-12 см дисковыми боронами БДТ-7, предпосевную обработку агрегатом АКШ-7,2, посев сеялкой СПУ-3,6;
- ▶ вариант 4 – система минимальной обработки, состоящая из лущения стерни, посев комбинированным агрегатом Rabe Mega Seed 6002K2.

Размещение делянок в опыте рендомизированное. Общая площадь делянок 100 м², учетная – 40 м². Повторность вариантов в опыте четырехкратная.

Элементы технологии возделывания культур за исключением изучаемых вариантов соответствовали принятым отраслевым регламентам [9]. Фосфорные и калийные удобрения вносили перед посевом культур в дозах 60 и 120 кг/га действующего вещества соответственно. Азотные удобрения в форме карбамида применяли в следующие сроки: под овес и яровую пшеницу в дозах 90 кг/га действующего вещества дробно – N₆₀ перед посевом + N₃₀ в фазы выхода в трубку растений, под бобово-злаковую смесь – в дозе 60 кг/га перед посевом.

Удельную активность ^{137}Cs в почвенных пробах определяли на γ - β -спектрометре МКС-АТ1315, в растительных – на γ -спектрометрических комплексах «Canberra» и «Oxford» [10]. Аппаратурная ошибка измерений не превышала 15-20%. Для количественной оценки поступления ^{137}Cs из почвы в растения рассчитывали коэффициент пропорциональности (перехода) [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Миграция радионуклидов из почвы в растения является результатом как физико-химических процессов в почве, так и биологических (физиологических), связанных с поглощением радионуклидов, в частности ^{137}Cs , корневой системой растений из почвенного раствора.

В результате исследований с зерновыми и зернобобовыми культурами (овсом, пелюшко-овсяной смесью и яровой пшеницей) определено влияние систем обработки автоморфной и глееватой супесчаных почв на содержание ^{137}Cs в растениях, а также установлены коэффициенты перехода радионуклида из почвы в растениеводческую продукцию.

На дерново-подзолистых супесчаных автоморфной и глееватой почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs 13-14 Ки/км², средним (148 мг/кг почвы) и повышенным

(218 мг/кг почвы) содержанием в пахотном горизонте подвижного фосфора, средним (173 мг/кг почвы) и повышенным (210 мг/кг почвы) содержанием подвижного калия и внесении под зерновые культуры (овес, яровая пшеница) $N_{90}P_{60}K_{120}$, под бобово-злаковую смесь $N_{60}P_{60}K_{120}$ удельная активность радиоцезия колебалась по годам и вариантам опыта в зерне овса от 7,5 до 25,0 Бк/кг, пелюшко-овсяной смеси – от 9,0 и до 23,0, яровой пшеницы – от 4,0 до 10,0 Бк/кг соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Влияние систем обработки почв на содержание ^{137}Cs в зерне возделываемых культур

Система обработки почвы	Овес		Пелюшко-овсяная смесь		Яровая пшеница	
	удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг	превышение (снижение) содержания ^{137}Cs к контролю, Бк/кг	удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг	превышение (снижение) содержания ^{137}Cs к контролю, Бк/кг	удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг	превышение (снижение) содержания ^{137}Cs к контролю, Бк/кг
Автоморфная почва						
Система обычной отвальной обработки – <i>контроль</i>	13,6	-	15,6	-	5,5	-
Система безотвальной чизельной обработки	13,5	-0,1	14,3	-1,3	4,6	-0,9
Система безотвальной поверхностной обработки	21,1	+7,5	20,1	+4,5	7,6	+2,1
Система минимальной обработки	11,9	-1,7	16,6	+1,5	4,6	-0,9
НСР ₀₅	4,2	-	4,0	-	2,9	-
Полугидроморфная почва						
Система обычной отвальной обработки – <i>контроль</i>	10,7	-	11,9	-	4,5	-
Система безотвальной чизельной обработки	11,2	+0,5	14,1	+2,2	5,1	+0,6
Система безотвальной поверхностной обработки	12,1	+1,4	16,3	+4,5	4,9	+0,4
Система минимальной обработки	8,7	-2,0	16,8	+4,9	4,2	-0,3
НСР ₀₅	2,6	-	4,5	-	1,5	-

Следовательно, за годы исследований содержание ^{137}Cs в зерне возделываемых культур не превысило 30 Бк/кг, при допустимом уровне на зерно для переработки на пищевые цели 90 Бк/кг, для детского питания – 55 Бк/кг соответственно. Согласно РДУ-99 допустимые уровни содержания ^{137}Cs в зернофураже при скармливании скоту для получения молока цельного 180 Бк/кг, для мяса – 480 Бк/кг.

Влияние разных систем обработки почвы на накопление ^{137}Cs в растениях зависело от степени гидроморфизма почвы и возделываемой культуры. Замена традиционной отвальной вспашки системой поверхностной дисковой обработки на автоморфной почве при возделывании овса привела к достоверному увеличению поступления радионуклида в растения. Так, если на вспашке удельная активность ^{137}Cs в зерне была 13,6 Бк/кг, то на дисковой обработке она составила 21,1 Бк/кг при $\text{НСР}_{05} = 4,2$. Различия между отвальной вспашкой и другими системами обработки почвы были незначительными. Не установлено также достоверных различий между системами обработки почвы по накоплению ^{137}Cs в зерне овса при возделывании его на глееватой почве. Наблюдалась только тенденция к увеличению содержания радионуклида по поверхностной дисковой обработке и к снижению – на минимальной обработке почвы.

Содержание ^{137}Cs в зерне бобово-злаковой смеси колебалось в зависимости от гидроморфизма почвы и системы основной обработки в среднем от 11,9 до 20,1 Бк/кг. В вариантах с отвальной вспашкой удельная активность ^{137}Cs в зерне составила на автоморфной почве 15,1 Бк/кг, на глееватой почве – 11,9 Бк/кг.

На автоморфной почве максимальным (20,1 Бк/кг) накоплением радионуклида характеризовался вариант с поверхностной дисковой обработкой почвы. Удельная активность ^{137}Cs в зерне здесь была достоверно выше по сравнению с обычной отвальной вспашкой и чизельной обработкой.

На глееватой почве применение поверхностной дисковой и минимальной обработок привело к достоверному повышению содержания радиоцезия по отношению к обычной отвальной вспашке. Среди безотвальных обработок почвы наименьшим поступлением ^{137}Cs в зерно бобово-злаковой смеси отличалась система обработки, включающая чизелевание.

Из возделываемых культур яровая пшеница характеризовалась минимальным накоплением радиоцезия, содержание которого колебалось по вариантам опыта незначительно – в пределах 4,2-7,6 Бк/кг. Различия между вариантами обработки почвы также были незначительными. Отмечалась только тенденция к увеличению активности ^{137}Cs в зерне по безотвальной поверхностной обработке на автоморфной почве.

Радиоэкологическим критерием интенсивности миграции радионуклидов из почвы в пищевые цепи и оценки эффективности защитных мер служит коэффициент перехода ($Kл$). Для установления интенсивности поступления ^{137}Cs из почвы в растения нами были рассчитаны $Kл$ ^{137}Cs в урожай (зерно) возделываемых культур. Значения их колебались: на овсе от 0,018 до 0,050 Бк/кг:кБк/м², на бобово-злаковой смеси – от 0,018 до 0,049, на яровой пшенице – от 0,006 до 0,020 Бк/кг:кБк/м².

Переход ^{137}Cs в зерно овса на автоморфной почве в варианте с обычной отвальной вспашкой и безотвальной чизельной обработкой составил в сред-

нем 0,027 Бк/кг:кБк/м², на минимальной обработке был незначительно ниже – 0,024 Бк/кг:кБк/м². Существенное увеличение Кп наблюдалось в варианте с поверхностной дисковой обработкой, который составил 0,042 Бк/кг:кБк/м² ($НСР_{05} = 0,008$).

На глееватой почве варианты отвальной, безотвальной чизельной и поверхностной дисковой обработок различались между собой незначительно – 0,001-0,002 Бк/кг:кБк/м² при $НСР_{05} = 0,005$. В то же время наблюдалось достоверное снижение Кп на минимальной обработке по отношению к поверхностной дисковой обработке (рис. 1).

При возделывании бобово-злаковой смеси характер действия обработок почвы на параметры перехода ¹³⁷Cs из почвы в продукцию практически не изменился (рис. 2).

На автоморфной почве только поверхностная дисковая обработка привела к достоверному увеличению Кп ¹³⁷Cs в зерно по сравнению с отвальной системой обработки. На глееватой почве наблюдалось заметное повышение данного показателя при минимальной обработке почвы. Различия с другими вариантами были незначительными.

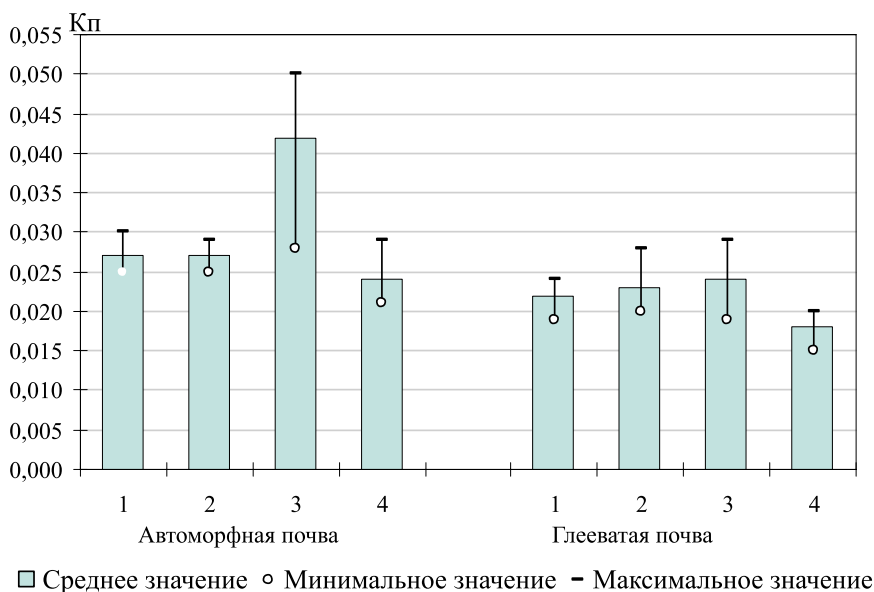


Рис. 1. Коэффициенты перехода ¹³⁷Cs в зерно овса (Бк/кг:кБк/м²):
 1 – отвальная вспашка, 2 – безотвальная чизельная обработка;
 3 – поверхностная дисковая обработка, 4 – минимальная обработка

На яровой пшенице при возделывании ее на автоморфной почве наиболее низкими значениями перехода ¹³⁷Cs в зерно отличались варианты с безотвальной чизельной и минимальной обработками почвы, самым высоким – вариант с поверхностной дисковой обработкой. На глееватой почве различия между вариантами обработки почвы были незначительными (рис. 3).

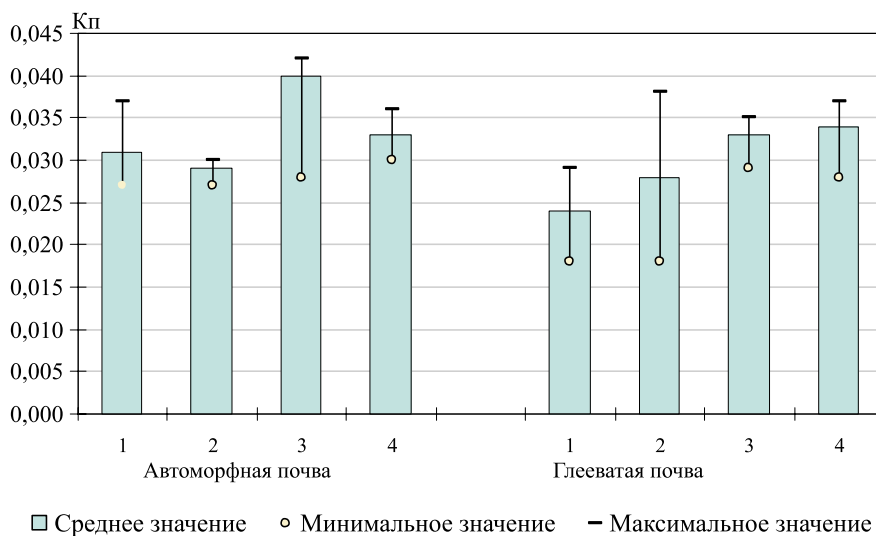


Рис. 2. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно бобово-злаковой смеси (Бк/кг:кБк/м²):
 1 – отвальная вспашка, 2 – безотвальная чизельная обработка;
 3 – поверхностная дисковая обработка, 4 – минимальная обработка

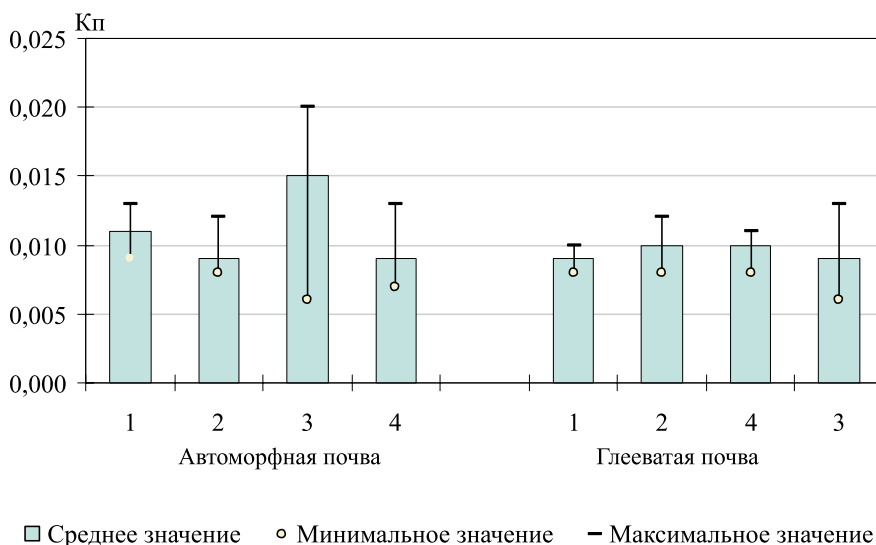


Рис. 3. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно яровой пшеницы (Бк/кг:кБк/м²):
 1 – отвальная вспашка, 2 – безотвальная чизельная обработка;
 3 – поверхностная дисковая обработка, 4 – минимальная обработка

Интенсивность перехода радиоцезия из почвы в растения зависела от биологических особенностей возделываемых в опыте культур. В среднем по вариантам опыта наибольшие значения K_p характерны для бобово-злаковой (пелюшко-овсяной) смеси, несколько ниже для овса и минимальные значения для яровой пшеницы (рис. 4).

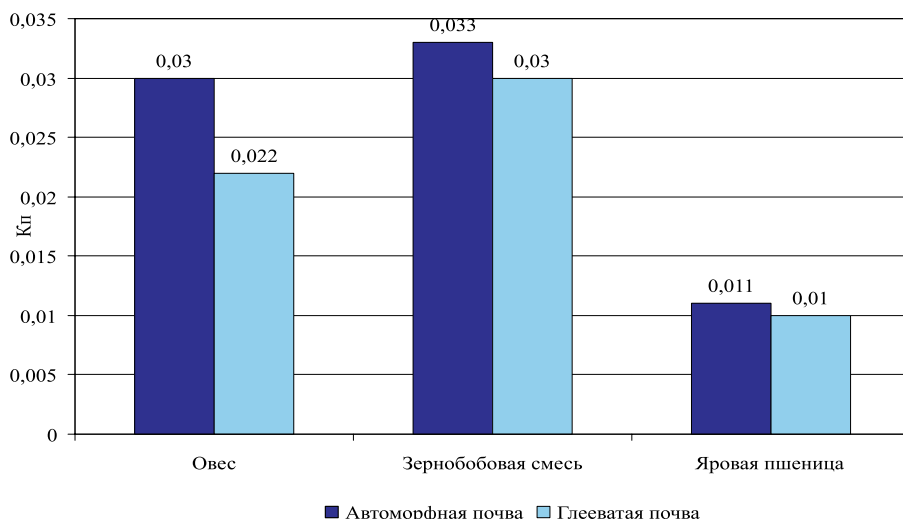


Рис. 4. Средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs в зерно возделываемых культур (Бк/кг:кБк/м²)

Степень гидроморфизма почв также оказала влияние на поступление ^{137}Cs в растения. Более высокие коэффициенты перехода радионуклида в зерно отмечались на автоморфной почве по сравнению с глееватой почвой, что не согласуется с распространенной научной точкой зрения об увеличении K_p по мере повышения степени увлажнения почвы. Данный факт можно объяснить следующими причинами. С одной стороны, в наших исследованиях водный режим растений на глееватой почве был более благоприятным для их роста и развития, чем на автоморфной почве. Это способствовало формированию более высокой урожайности на глееватой почве и проявлению эффекта биологического разбавления радионуклида. С другой стороны, глееватая почва по сравнению с автоморфной характеризовалась более высоким уровнем плодородия (рН, содержанием гумуса, емкостью поглощения, степенью насыщенности основаниями, содержанием подвижного калия).

По нашему мнению различия по вариантам обработки почв разной степени гидроморфизма обусловлены различиями условий произрастания культур. Полугидроморфная глееватая почва в течение всего периода исследований имела хорошие и удовлетворительные запасы продуктивной влаги и меньшие различия в плотности почвы по вариантам ее обработки, а также близкую по значению урожайность культур в отличие от автоморфной почвы. Более того, на участке с автоморфной почвой пониженные запасы влаги и повышенная плотность пахотного горизонта наиболее часто фиксировалась в варианте с мелкой дисковой обработкой. Это дает основание предполагать, что при такой системе обработки почвы в пахотном слое складываются условия, специфичность которых позволяет ^{137}Cs более интенсивно усваиваться растениями. Все выше изложенное возможно и обеспечило близкие по значению K_p по вариантам обработки почвы на полугидроморфной почве и увеличение K_p , относительно других вариантов, в системе с применением поверхностной дисковой обработки.

Анализ доли варьирования значений K_p ^{137}Cs в зерно возделываемых культур в общей дисперсии показал, что изучаемые нами факторы – системы обработки

почвы и степень увлажнения дерново-подзолистых супесчаных почв оказывают примерно одинаковое влияние на формирование величин данного показателя. Так, до 19% изменчивости значений Кп обуславливалось влиянием обработки почвы и 20% – влиянием степени увлажнения.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве влияние обработки почвы и степени гидроморфизма почвы на переход ^{137}Cs в зерно возделываемых культур примерно одинаковое.

2. Замена традиционной отвальной вспашки системой поверхностной дисковой обработки почвы способствует увеличению поступления ^{137}Cs в продукцию (зерно). Системы безотвальной чизельной и минимальной обработок не приводят к существенному повышению перехода радионуклида в растения.

3. В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на загрязненных ^{37}Cs супесчаных почвах для снижения энергетических затрат возможно комбинирование способов и приемов обработки почвы с заменой отвальной вспашки, безотвальной чизельной и минимальной обработками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сельскохозяйственная радиоэкология / Р.М. Алексахин [и др.]; под ред. Р.М. Алексашина, Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.

2. Моисеев, И.Т. Изучение поведения ^{137}Cs в почвах и его поступления в сельскохозяйственные культуры в зависимости от различных факторов / И.Т. Моисеев, Г.И. Агапкина, Л.А. Рерих // *Агрехимии*. – 1994. – №2. – С. 103-118.

3. Накопление радионуклидов растениями в зависимости от направленности процессов почвообразования и степени гидроморфизма / И.Д. Шмигельская, В.Ю. Агеец // *Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы I съезда Белорусского общества почвоведов / Ин-т почвоведения и агрохимии*. – Минск; Гомель, 1995. – С. 272.

4. Влияние технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур на накопление ^{137}Cs в урожае / Т.Л. Жигарева [и др.] // *Агрехимия*. – 2003. – №10. – С. 67-74

5. К проблеме ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях / А.Н. Ратников [и др.] // *Радиация и риск*. – 1997. – Вып. 9. – С. 61-65.

6. Ложкина, Н.И. Эколого-биологические особенности агрофитоценозов озимой ржи в зависимости от применения средств интенсификации в южной лесостепи омской области: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.00.16 / Н.И. Ложкина; ОмГПУ. – Омск; 2006. – 19 с.

7. Оценка влияния отдельных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур на накопление ^{137}Cs в урожае / Н.М. Белоус [и др.] // *Труды Новозыбковской государственной сельскохозяйственной опытной станции*. – 2001. – Вып. 7. – С. 52–62

8. Влияние улучшения сенокосно-пастбищных угодий, расположенных на основных типах почв белорусского полесья, на размеры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr

в травостой / Тимофеев С.Ф. [и др.] // Итоги научных исследований в области радиозкологии окружающей среды за десятилетний период после аварии на Чернобыльской АЭС: сб. науч. тр.; под. ред. С.К. Фирсаковой. – Гомель: Научно-исследовательский институт радиологии, 1996. – С. 45-48

9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. / Ин-т аграрной экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 460 с.

10. Методические указания по определению ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах и растениях / А.В. Кузнецов [и др.]. – Минск: ЦИНАО, 1985. – 64 с.

11. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2003-2005 годы / Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ. – Минск: Б. м., 2002. – 72 с.

INFLUENCE OF SYSTEMS OF TILLAGE OF SOD-PODSOLIC SANDY SOILS OF DIFFERENT HUMIDIFYING ON RECEIPT ^{137}CS IN PLANTS

N.N. Tsybulko, A.V. Ermolenko

Summary

On sod-podsolic sandy soil of different humidifying influence of systems of processing of the soil, differing on a way, depth and intensity of influence on a processed layer, on parameters of biological availability ^{137}Cs is studied. It is established, that influence of soil tillage and degree humidifying soils on transition ^{137}Cs in grain of cultivated cultures about the identical. Replacement traditional plowings by system of superficial disk processing of soil promotes receipt increase ^{137}Cs in production (grain). Systems chisel and the minimum tillage do not lead to essential increase of transition radionuclide in plants.

In technologies of cultivation of agricultural crops on polluted ^{37}Cs sandy soils for decrease in power expenses probably combination of ways and receptions of tillage of soil with replacement plowings, chisel and the minimum tillage.

Поступила 6 апреля 2011 г.

2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:631.582:631.445

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОТРАВЯНОГО СЕВОБОРОТА И ПЛОДРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, М.М. Ломонос, А.А. Грачева, А.В. Бачище
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Опыт ведущих зарубежных стран, а также высокоинтенсивных хозяйств республики показывают, что основой устойчивого развития аграрной отрасли, повышения ее продуктивности является плодородие почв. Кроме того, именно уровень плодородия почв, наряду с адаптивными возможностями растений относится к важнейшим факторам защиты сельскохозяйственных культур от неблагоприятных погодных условий. Агрохимический статус почв в наибольшей степени зависит от объемов и технологий применения органических и минеральных удобрений. В настоящее время агрохимической наукой республики разработаны основные концептуальные положения, касающиеся поддержания и повышения почвенного плодородия и ресурсосберегающая система удобрения сельскохозяйственных культур, основанная на дифференцированном возврате элементов питания в зависимости от содержания их в почвах и уровня планируемых урожаев [1-5]. На основании этих разработок решены вопросы оптимальных доз и сроков внесения удобрений под отдельные сельскохозяйственные культуры, которые реализованы в практической деятельности хозяйств. В дальнейшем развитии нуждаются вопросы обоснования уровней применения удобрений в севооборотах, которые являются основой планирования потребности республики в минеральных удобрениях на длительную перспективу. Кроме того, в настоящее время в республике имеется ряд экономически стабильных хозяйств, потенциал которых позволяет работать на уровне продуктивности 60 ц к.ед. с га и выше. Такие хозяйства и районы в перспективе должны стать основными производителями сельскохозяйственной продукции в республике. Как правило, в этих хозяйствах сформирован высокий уровень почвенного плодородия, имеется современная сельскохозяйственная техника. Однако для работы на высокие уровни урожайности обычные технологии использования удобрений не подходят. Получение урожайности зерновых культур, например, 80 и выше ц/га требует совершенно новых подходов в применении средств химизации, в которых не должно быть ни единого макро- или микроэлемента в минимуме. Обязательное дополнительное требование – сочетание удобрений со всем комплексом химической защиты растений. Экспериментальной основой для научного решения данных вопросов могут быть только длительные агрохимические стационарные полевые опыты с чере-

дованием культур в пространстве и времени, т.е. максимально приближенные к реальной модели применяемой системы земледелия в республике. Нуждаются в постоянном уточнении также и дозы минеральных удобрений для новых и перспективных сортов сельскохозяйственных культур с более высоким потенциалом урожайности, которые, как правило, являются и более требовательными к условиям минерального питания [6].

Одним из важнейших факторов, определяющих уровень жизни населения, является качество потребляемых продуктов питания, и, в первую очередь, сбалансированность их по элементному составу. Поэтому все исследования по разработке агрохимической модели формирования высокой урожайности сельскохозяйственных культур сопровождались изучением качественного состава получаемой продукции.

Цель исследований – разработать агрохимическую модель формирования высокой урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивающую рациональное использование почвенных запасов элементов питания, окупаемость 1 кг NPK 10-15 к.ед., получение растениеводческой продукции, сбалансированной по основным макро- и микроэлементам в соответствии с нормативными требованиями.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2004-2010 гг. в стационарном полевом опыте в севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень Гонар – озимая рожь Зарница с подсевом клевера – клевер луговой Устойливы – озимое тритикале Вольгарио на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 0,3-0,5 м песком, почве. Стационар расположен в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» в Узденском районе Минской области.

В схеме опыта предусматривали внесение трех доз азота на фоне фосфорных и калийных удобрений с различной интенсивностью балансов: положительные (150% компенсации выноса P_2O_5 и K_2O), поддерживающие (100%) и дефицитные (50% компенсации выноса P_2O_5 и K_2O). Планируемый урожай зерна ячменя, озимых ржи и тритикале 40-50 ц/га. Органические удобрения вносили фоном в дозе 40 т/га под горохо-овсяную смесь.

Опыт развернут в пространстве в трех полях. Агрохимическая характеристика пахотного слоя перед началом ротации севооборота: pH_{KCl} – 5,7-5,9, гидролитическая кислотность – 1,58-1,92, сумма обменных оснований – 9,1-9,52 смоль(+)/кг почвы, обменные кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 смоль(+)/кг почвы, содержание подвижных форм (по Кирсанову): P_2O_5 – 170-280, K_2O – 110-275 мг/кг почвы, гумуса – 2,6-3,0%.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами и рекомендациями по интенсивной технологии возделывания сельскохозяйственных культур [2, 5].

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-84), сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменные кальций и магний – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487-85), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91). В растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор фотокolorиметрическим индофенольным и ванадо-молибдатным методами, калий на пламенном фотометре, кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Органические удобрения анализировали по ГОСТ 26712-85 – ГОСТ 26718-85 (общий азот – в модификации ЦИНАО – индофенольным методом, фосфор – молибдатным методом, калий – на пламенном фотометре).

Осенью 2003, 2004 и 2005 г. внесено 40 т/га соломистого навоза крупного рогатого скота (НКРС), характеризующегося следующими показателями: влажность – 74,1%, рН в КСl – 7,60, зольность – 38,4%, N общ. – 0,50%, P₂O₅ – 0,34, K₂O – 0,57%.

Минеральные удобрения (карбамид, простой аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили под предпосевную культивацию согласно схеме опыта (табл. 1).

Таблица 1

Схема опыта и распределение удобрений по культурам зерноотравного севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве (2004-2010 гг.)

№ п/п	Сумма NPK за севооборот, кг/га	Горохово-овсяная смесь 2004-2006 гг.	Ячмень* 2005-2007 гг.	Озимая** рожь + клевер 2006-2008 гг.	Клевер луговой 2007-2009 гг.	Озимое*** тритикале 2008-2010 гг.
1	Контроль без удобрений					
2	40 т/га НКРС – фон	40 т/га НКРС – фон	Последствие 40 т/га НКРС – фон			
3	N ₃₀₀ P ₃₅₀	N ₆₀ P ₇₀	N ₆₀ P ₇₀	P ₇₀ + N ₆₀	P ₇₀	P ₇₀ + N ₉₀₊₃₀
4	N ₃₀₀ K ₆₀₀	N ₆₀ K ₁₂₀	N ₆₀ K ₁₂₀	K ₁₂₀ + N ₆₀	K ₁₂₀	K ₁₂₀ + N ₉₀₊₃₀
5	P ₃₅₀ K ₆₀₀	P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀
6	N ₁₈₀ P ₃₅₀ K ₆₀₀	N ₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	N ₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₃₀	P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₉₀
7	N ₃₀₀ P ₃₅₀ K ₆₀₀	N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₆₀	P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₉₀₊₃₀
8	N ₄₂₀ P ₃₅₀ K ₆₀₀	N ₉₀ P ₇₀ K ₁₂₀	N ₆₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₆₀₊₃₀	P ₇₀ K ₁₂₀	P ₇₀ K ₁₂₀ + N ₉₀₊₃₀₊₃₀
9	P ₂₀₀ K ₄₀₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀
10	N ₁₈₀ P ₂₀₀ K ₄₀₀	N ₃₀ P ₄₀ K ₈₀	N ₃₀ P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₃₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₉₀
11	N ₃₀₀ P ₂₀₀ K ₄₀₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₆₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₉₀₊₃₀
12	N ₄₂₀ P ₂₀₀ K ₄₀₀	N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	N ₆₀₊₃₀ P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₆₀₊₃₀	P ₄₀ K ₈₀	P ₄₀ K ₈₀ + N ₉₀₊₃₀₊₃₀
13	N ₁₀₀ P ₂₀₀	P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀
14	N ₁₈₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	N ₃₀ P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀ + N ₃₀	P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀ + N ₉₀
15	N ₃₀₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀	N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀ + N ₆₀	P ₂₀ K ₄₀	P ₂₀ K ₄₀ + N ₉₀₊₃₀

* Под ячмень + N₃₀ в фазу стеблевания. ** Под озимую рожь N весной в фазу возобновления вегетации + N₃₀ в фазу стеблевания. *** Под озимое тритикале N весной в фазу возобновления вегетации + N₃₀ в фазу стеблевания + N₃₀ в фазу последний лист. **** НКРС – навоз крупного рогатого скота

Общая площадь делянки – 45 м² (9 м x 5 м), учетная – 32 м² (8 м x 4,0 м). Повторность вариантов в опыте – 4-х кратная.

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

При возделывании озимой ржи применяли следующие обработки: **осенью** – обработка семян фунгицидом (винцит 2 л/т), внесение минеральных удобрений $P_{20,40,70}K_{40,80,120}$, обработка посева в фазу 3-4 листьев гербицидом кугар – 1,0 л/га совместно с фунгицидом фундазол (0,5 кг/га) от снежной плесени; **весной** – в фазу кущения (при возобновлении вегетации растений) подкормка азотными удобрениями (карбамид) – 30-60 кг/га, в фазу начала стеблевания (1 узел – стадия 30-31) обработка фунгицидом фалькон (0,6 л/га); в фазу колошения (стадия 51-52) обработка фунгицидом фоликур (1 л/га) совместно с инсектицидом децис (0,05 л/га). Азотные удобрения 90 кг/га д.в. карбамида (мочевины) вносили в два срока 60 кг/га д.в. весной при возобновлении вегетации растений + 30 кг/га д.в. в фазу 2 узел стеблевания на фоне фосфорных и калийных удобрений в расчете на положительные и поддерживающие балансы.

При возделывании озимого тритикале применяли следующие обработки: **осенью** – обработка семян фунгицидом (максим 2 л/т), внесение минеральных удобрений: $P_{20,40,70}K_{40,80,120}$, обработка посева в фазу 3-4 листьев гербицидом кугар – 1,0 л/га совместно с фунгицидом фундазол (0,5 кг/га) от снежной плесени; **весной** – в фазу кущения при возобновлении вегетации растений проводили подкормку азотными удобрениями (карбамид – 60-90 кг/га; в фазу начала стеблевания (1 узел – стадия 30-31) обработка фунгицидом фалькон (0,6 л/га); в фазу колошения (стадия 51-52) обработка фунгицидом фоликур (1 л/га) совместно с инсектицидом децис (0,05 л/га). Азотные удобрения 150 кг/га д.в. карбамида (мочевины) вносили в три срока (90 кг/га весной при возобновлении вегетации растений + 30 кг/га в фазу 1 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных в расчете на положительные и поддерживающие балансы – $P_{40,70}K_{80,120}$.

На формирование урожая сельскохозяйственных культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывает водный и температурный режимы почв и воздуха в течение вегетационного периода растений. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказывается на урожае сельскохозяйственных культур. Наиболее близкими величинами для характеристики оптимального водного и теплового режимов почв и растений являются среднепогодные показатели осадков и температуры воздуха.

За вегетационный (апрель-август, 2004-2010 гг.) период возделываемых сельскохозяйственных культур распределение осадков, температура воздуха и сумма температур выше 10°C и ГТК отличались от среднепогодных величин.

За апрель-август 2010 г. выпало 338,6 мм осадков при средней многолетней величине 350 мм. Температура воздуха значительно превышала средний многолетний показатель на 1,9°C в июне, на 5,4°C – в июле и на 4,7°C – в августе. Гидротермический коэффициент (условный показатель увлажнения по Селянинову) в течение вегетационного периода изменялся в пределах 0,9-1,9, что позволило сделать заключение о слабо засушливом периоде в июне и июле (рис. 1).

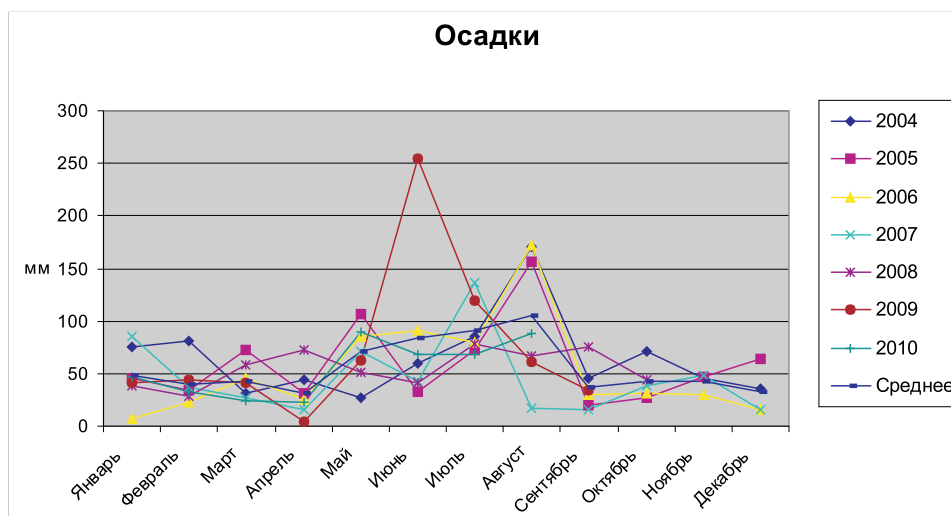
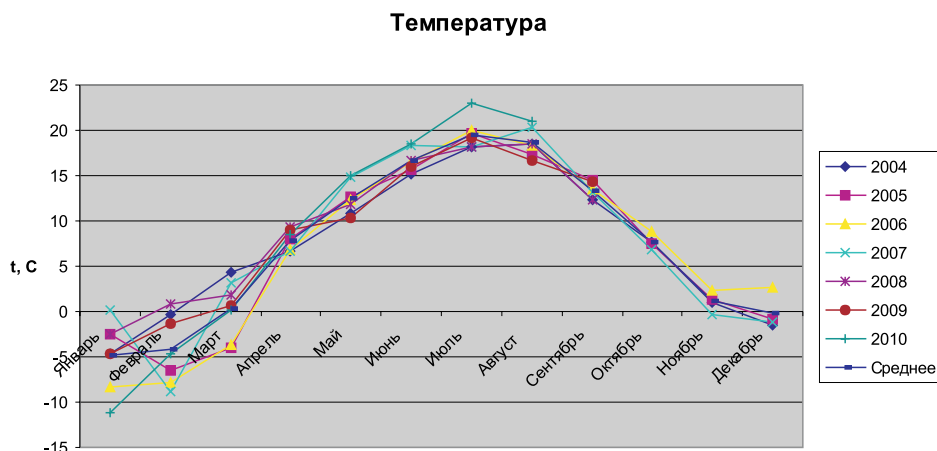


Рис. 1. Метеорологические условия в годы проведения исследований

За апрель-август 2009 г. выпало 502,8 мм осадков. Однако в апреле только 4,6 мм (ср. многолетнее 46 мм), а в июне – 255 мм (12 июня 48,1мм, а 23 июня 91,5 мм – ср многолетнее 78 мм). Гидротермический коэффициент в течение вегетационного периода изменялся в пределах от 0,3 (апрель) до 5,6 (июнь), что свидетельствует о высоком избытке влаги не только в июне, но и в мае и в июле, т.к. месяцы с ГТК выше 1,6 характеризуются как избыточно влажные.

За апрель-август 2008 г. выпало 310,1 мм осадков, что только на 40 мм меньше среднемноголетней величины (350 мм). Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,8 (июнь) до 1,7 (апрель), что позволяет сделать заключение о некотором недостатке влаги, т. к. месяцы с ГТК от 1,0 до 1,3 (май и август) относятся к слабозасушливым, от 1,0 до 0,7 (июнь) – к засушливым, а от 1,3 до 1,6 (июль) – к оптимальным (рис.1).

Температура воздуха всего периода вегетации 2007 г. превышала среднегодовое значение на 1,2-4,0 °С. Количество осадков в апреле и июне в 3 и 2 раза соответственно было меньше средней многолетней величины, а сумма осадков за 5 месяцев – на 70 мм ниже. Недостаток влаги и повышенная температура воздуха оказали отрицательное влияние на урожайность клевера лугового и зерновых во всех вариантах опыта при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Очень сложные погодные условия сложились в вегетационный период в 2006 г. Апрель характеризовался прохладной и сухой погодой. После посева горохо-овсяной смеси и зерновых за 15 дней при прохладной и ветреной погоде не выпало ни одного мм осадков. В период налива зерна в течение 20 дней во второй половине июня и первой половине июля также осадков не было. В августе выпадение осадков было в три раза выше среднего многолетнего уровня. В сумме за 5 месяцев количество осадков превысило среднегодовое значение на 105 мм.

Вегетационный период 2005 г. отличался затяжной и холодной весной и количеством осадков выше средней многолетней величины в два раза в мае и очень сильным ураганом ветром и проливным дождем в течение двух суток в августе, что продлило созревание зерновых культур на две недели. Недостаток осадков ощущался в июне и июле.

Вегетационный период 2004 г. отличался затяжной и холодной весной и количеством осадков выше средней многолетней величины в июле и августе, что продлило созревание зерновых культур на две недели.

Сумма выпавших осадков за период вегетации (май-август) составила в 2004 г. – 387,4мм, 2005 г – 399,9, 2006 – 455 мм, 2007 – 281,8, 2008 – 310,1, 2009 – 502,8, 2010 г.– 338,6 мм при средней многолетней величине 302 мм. Сумма активных температур также изменялась по годам исследований, а в соответствии с этими показателями изменялся и условный показатель увлажнения – гидротермический коэффициент (ГТК по Селянинову), который в 2004 г. составил 1,12-2,8, 2005 – 0,73-3,31, 2006 – 1,3-4,8, 2007 – 0,3-2,5, 2008 – 0,8-1,7, 2009 г. – 0,3-5,5, в 2010 г. 1,0-2,7.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Последовательное комплексное применение средств химизации: органических и минеральных удобрений, фунгицидов и инсектицидов в зернотравяном севообороте (горохо-овсяная смесь на зеленую массу – ячмень Гонар – озимая рожь Зарница с подсевом клевера – клевер луговой Устойливы – озимое тритикале Вольтарио) при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве в среднем по трем полям позволило получить среднегодовую продуктивность на уровне 90-96 ц/га к.ед. Продуктивность на данном уровне получена при применении органо-минеральной системы удобрения (среднегодовом внесении 8,0 т/га подстильного навоза крупного рогатого скота (НКРС) + $N_{60}P_{70}$ или + $N_{36,60,84}P_{40,70}K_{80,120}$ (табл. 2).

Применение органических и минеральных удобрений благоприятно сказалось на урожайности зеленой массы горохо-овсяной смеси (VSB 1132123 + Стрелец), которая изменялась в зависимости от системы удобрения и составила в 2004 г. 303-558 ц/га, 2005 – 233-365, а в 2006 – 197-361 ц/га (табл. 2).

В среднем за три года (2004-2006 гг.) урожайность зеленой массы горохо-овсяной смеси формировалась на уровне 244-404 ц/га. При внесении минеральных удобрений на фоне 40 т/га органических урожайность зеленой массы практически не зависела от доз фосфорных и калийных удобрений, а увеличивалась при нарастании доз азотных удобрений. Максимальная урожайность 404 ц/га получена в варианте с применением 90 кг/га д.в. азотных удобрений на фоне положительных балансов фосфора и калия – $N_{90}P_{70}K_{120}$. Сбор сухого вещества при применении этой системы удобрения составил 80,7 ц/га, а сбор кормовых единиц – 72,7 ц/га. Прибавка урожайности зеленой массы составила 93 ц/га, при оплате 1 кг НРК 33 кг зеленой массы и 1 кг азотных удобрений – 55,6 кг. Однако оптимальная, математически достоверная урожайность 393 ц/га зеленой массы формировалась при применении $N_{30}P_{40}K_{80}$ на фоне 40 т/га навоза крупного рогатого скота (НРКС) при самой высокой в опыте оплате минеральных удобрений (НРК) 54,7 кг зеленой массы горохо-овсяной смеси. Сбор сухого вещества при системе удобрения с поддерживающими балансами фосфора и калия ($N_{30}P_{40}K_{80}$) составил 78,7 ц/га. Максимальная в опыте оплата азотных удобрений зеленой массой 166 и 94 кг получена при применении N_{30} на фоне положительных и поддерживающих балансов фосфора и калия $P_{70}K_{120}$ и $P_{40}K_{80}$.

На фоне интегрированной системы защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, включающей: обработку семян фунгицидом «ориус» (500 мл/т), химическую прополку: в 2005 г. – «диален-супер» 0,5 л/га + 0,3 л/га «лонтрел», в 2006 г. – «гусар» (0,15 г/га), в 2007 г. – «агритокс» (0,7 л/га) + «лонтрел» 300 (0,3 л/га); защиту от болезней фунгицидами «фалькон» (0,6 л/га) и «фоликур» (1л/га), от вредителей инсектицидом децис-экстра (60 мл/га) оптимальный и энергетически обоснованный уровень урожая ячменя 38-54 ц/га обеспечивался при применении $N_{60}P_{40}K_{80}$ (РК на поддерживающие балансы) + N_{30} в фазу начала стеблевания на фоне последействия 40 т/га органических удобрений.

Применение удобрений в указанных дозах обеспечивает содержание белка 10,2%, сбор белка – 426 кг/га, фосфорных и калийных удобрений – 15,3-8,6, азотных – 9,8-12,2 и последействия органических удобрений – 11,8-12,4% урожайности зерна.

В среднем за три года, в оптимальном по урожайности варианте ($N_{60+30}P_{40}K_{80}$), следующее содержание элементов питания в зерне: N – 1,99%, P_2O_5 – 0,96, K_2O – 0,51, CaO – 0,04, MgO – 0,17%; в соломе: N – 0,30%, P_2O_5 – 0,26, K_2O – 1,59, CaO – 0,25, MgO – 0,13%. вынос с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции следующий: азот – 18,7 кг/т, фосфор – 9,7, калий – 15,9, кальций – 1,7, магний – 2,2 кг/т [7].

В среднем за три года (2006-2008 гг.) оптимальная урожайность зерна диплоидного сорта озимой ржи Зарница 71,7 ц/га формировалась при комплексном, последовательном и совместном применении средств химизации ($N_{90}P_{40}K_{80}$ на фоне последействия 40 т/га навоза КРС). При оптимальной урожайности окупаемость 1 кг НРК составила 15,9 кг и 1 кг азотных удобрений – 27,9 кг зерна, чистый доход 138,8 у.е./га, рентабельность 75,1%, коэффициент энергоотдачи – 2,95.

При оптимальной по урожайности ржи системе удобрения содержание в зерне белка 8,3%; элементов питания: азот – 1,61%, фосфор – 0,64, калий – 0,52, CaO – 0,08 и MgO – 0,12%; в соломе: соответственно – 0,43, 0,27, 1,40, 0,12 и 0,12%; сбор белка – 490 кг/га.

Внесение возрастающих доз азотных удобрений (N_{30-90}) обеспечило прибавку урожайности зерна 9,4-25,1 ц/га при увеличении содержания белка на 0,1-0,7% и сбора белка – на 102-270 кг/га.

При повышении доз парных комбинаций фосфорных и калийных удобрений урожайность зерна увеличилась на 5,4-9,3 ц/га, сбор белка – на 39-65 кг/га, а чистый доход и рентабельность снизились.

На фоне последствия 40 т/га органических удобрений урожайность увеличилась на 5,6 ц/га, сбор белка – только на 37 кг/га [8].

В среднем за три года (2007-2009 гг.) получена урожайность зеленой массы клевера лугового Устойливы в 1 укосе на уровне 286-402 ц/га, а во 2-м укосе – 220-299 ц/га. В сумме за два укоса и в среднем за три года внесение $P_{70}K_{120}$ обеспечило урожайность зеленой массы клевера лугового Устойливы на уровне 582-694 ц/га. Внесенные под покровную культуру озимую рожь азотные удобрения в дозах 60 и 90 кг/га снижали урожайность зеленой массы клевера 1 укоса. Максимальная урожайность 694 ц/га зеленой массы формировалась при применении $P_{70}K_{120}$ и внесении $N_{30}P_{70}K_{120}$ под предшественник – озимую рожь. Прибавка, при сравнении с внесением $P_{40}K_{80}$ и $P_{20}K_{40}$, составила 24 ц/га и 65 ц/га соответственно. Сбор сухого вещества при оптимальной урожайности составил 103,5 ц/га, сена получено 123,2 ц/га, кормовых единиц – 145,5 ц/га.

Среднегодовое содержание сырого белка в 1 укосе изменялось в зависимости от системы удобрения от 13,3 до 15,0% и во 2 укосе – от 13,6 до 17,0%

В среднем за три года (2008-2010 гг.) оптимальная урожайность зерна озимого тритикале Вольтарио 72,6 ц/га формировалась при комплексном последовательном и совместном применении средств химизации, в том числе $N_{150}P_{40}K_{80}$ на фоне последствия 40 т/га навоза КРС.

При оптимальной урожайности зерна озимого тритикале прибавка зерна от НРК составила 31,1 ц/га, в том числе от азотных удобрений – 25,6 ц/га, при оплате 1 кг НРК 11,5 кг и 1 кг азота – 17,1 кг зерна. Последствие органических удобрений (40 т/га) не оказало достоверного влияния на урожайность зерна озимого тритикале. Внесение возрастающих (90, 120, 150 кг/га) доз азотных удобрений на фоне $P_{20-70}K_{40-120}$ обеспечило прибавку урожайности зерна 17,0-25,6 ц/га при окупаемости 1 кг N – 16,8-21,5 кг зерна. Прибавка от применения фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{20-70}K_{40-120}$ составила 4,4-6,6 ц/га при окупаемости 7,3-3,5 кг зерна. Эффективность парных комбинаций $N_{120}P_{70}$ и $N_{120}K_{120}$ практически на одном уровне 67,5 и 65,4 ц/га с прибавкой к фону 26,1 и 23,9 ц/га и окупаемости 1 кг NP или NK 13,7 и 10,0 кг зерна соответственно. Прибавка зерна за счет только фосфорных или калийных удобрений составила 2,8 и 0,7 ц/га соответственно. При применении $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$ обеспечивается масса 1000 семян 45,69 г, содержание белка – 12,4%, при сборе белка – 768 кг. Увеличение дозы азотных удобрений от 90 до 150 кг/га д.в. и внесение ее в два или три срока способствовало росту содержания азота, фосфора, калия, оксидов кальция и магния в зерне озимого тритикале. При оптимальной урожайности следующее содержание элементов питания в зерне: азот – 1,93, фосфор – 0,93, калий – 0,67, кальций – 0,05 и магний – 0,17%; в соломе: N – 1,24%, P_2O_5 – 0,60, K_2O – 1,54, CaO – 0,12 и MgO – 0,14%.

Максимальный хозяйственный вынос элементов питания характерен для систем применения удобрений с дозой азота 150 кг/га д.в. ($N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$ и $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$). При применении $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$ следующий удельный вынос элементов питания: N – 24,5%, P_2O_5 – 11,8, K_2O – 15,6, CaO – 1,2 и MgO – 2,3% [9].

Таблица 2

Влияние систем удобрения на урожайность культур зернобобового севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве

Ва-ри-ант	Урожайность основной продукции, ц/га																				
	Горохо-овсяная смесь				Ячмень				Озимая рожь				Клевер луговой				Озимое тритикале				
	2004 г.	2005 г.	2006 г.	ср-днее	2005 г.	2006 г.	2007 г.	ср-днее	2006 г.	2007 г.	2008 г.	ср-днее	2007 г.	2008 г.	2009 г.	ср-днее	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	ср-днее
1	303	233	197	244	32,0	36,2	25,4	31,2	37,0	27,1	34,2	32,8	420	367	741	509	41,7	43,4	43,4	36,5	40,5
2	410	257	267	311	36,3	43,4	31,4	37,0	42,8	32,0	40,5	38,4	436	435	918	596	40,5	45,3	38,6	41,5	41,5
3	438	331	299	356	52,0	52,4	35,0	46,5	69,3	43,4	77,8	63,5	393	430	1024	616	72,1	63,6	66,9	67,5	67,5
4	419	314	302	345	45,9	49,6	38,8	44,8	66,0	42,0	79,6	62,5	400	458	906	588	66,9	68,4	60,9	65,4	65,4
5	469	304	288	354	48,3	49,1	36,1	44,5	51,2	41,5	50,4	47,7	417	604	992	671	45,1	56,3	43,0	48,1	48,1
6	558	358	294	403	53,8	52,5	36,3	47,5	63,9	44,5	62,9	57,1	427	542	1114	694	69,0	65,6	62,8	65,8	65,8
7	489	332	361	394	53,8	52,9	37,0	47,9	67,2	46,2	73,4	62,3	400	535	1071	669	69,9	68,2	66,6	68,2	68,2
8	499	365	347	404	55,7	53,8	37,4	49,0	76,3	55,0	86,6	72,6	372	496	877	582	84,2	68,0	68,7	73,6	73,6
9	478	352	266	365	46,8	48,8	34,6	43,4	51,0	41,3	47,5	46,6	418	581	961	653	43,5	55,5	41,9	47,0	47,0
10	499	352	329	393	51,4	51,5	36,4	46,4	62,6	45,5	60,8	56,3	400	611	989	667	68,9	66,8	63,3	66,3	66,3
11	544	283	337	388	52,9	52,0	34,6	46,5	69,5	47,7	70,4	62,5	419	520	1029	656	74,2	67,3	65,7	69,1	69,1
12	498	363	341	401	54,0	54,1	38,0	48,7	74,4	52,5	88,3	71,7	395	451	979	608	83,0	70,0	64,8	72,6	72,6
13	481	276	274	344	44,1	44,6	34,3	41,0	50,4	36,8	44,4	43,9	373	529	929	610	43,4	54,2	40,1	45,9	45,9
14	490	287	281	353	47,2	47,5	36,1	43,6	60,5	43,1	56,3	53,3	406	532	950	629	66,0	64,0	58,8	62,9	62,9
15	514	293	306	371	49,8	50,4	39,9	46,7	67,1	44,3	66,9	59,4	434	440	981	618	66,4	67,2	64,6	66,1	66,1
НСР ₀₅	15,7	18,9	17,2	10	3,6	2,1	3,22	1,7	3,7	3,2	3,6	3,5	16,8	11	15,4	8	3,13	2,3	2,01	1,4	1,4

При возделывании на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве продуктивность зернотравяного севооборота на уровне 95-96 ц/га к.ед. формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения – среднегодовое внесение N_{84} в три срока на фоне $P_{40,70} K_{80,120}$ и среднегодового внесения 8 т/га НКРС. При применении данной системы удобрения получена прибавка от НПК 25,3-25,7 ц/га к.ед., в том числе за счет действия азотных 13,8-15,5 ц/га к.ед.

Оптимальная продуктивность зернотравяного севооборота 95,9 ц/га к.ед. формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения (среднегодовое внесение 8 т/га НКРС + $N_{84} P_{40} K_{80}$). Азотные удобрения вносили в три срока. При применении данной системы удобрения получена прибавка от НПК 25,7 ц/га к.ед., в том числе за счет действия азота 15,5 ц/га к.ед., при оплате 1 кг НПК 12,6 кг и 1 кг азотных удобрений 18,5 к.ед.

При применении азотных ($N_{36,60}$) удобрений на фоне фосфорных и калийных в расчете на дефицитные балансы ($P_{20} K_{40}$) недобор продукции, по сравнению с оптимальной по продуктивности системой удобрения составил 10,5-6,7 ц/га к.ед. Хотя, надо отметить, что за счет применения новых сортов клевера лугового и зерновых культур (диплоидного сорта озимой ржи и озимого тритикале Вольтарио) при применении системы удобрения на дефицитные балансы фосфора и калия, а также в вариантах без удобрений и при внесении 40 т/га навоза КРС получена достаточно высокая продуктивность севооборота на уровне 60,5-89,2 ц/га.

Таблица 3

Продуктивность зернотравяного севооборота при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве (2004-2010 гг.)

Среднегодовой уровень применения удобрений, кг/га	Среднегодовая продуктивность, ц/га к.ед.	Прибавка, ц/га к.ед. от		Окупаемость 1 кг удобрений, к.ед.	
		НПК	N	НПК	N
1 Без удобрений	60,5	–	–	–	–
2 8 т/га НКРС-фон	70,2	–	–	–	–
3 $N_{60} P_{70}$	90,1	19,9	–	15,3	–
4 $N_{60} K_{120}$	87,1	16,9	–	9,4	–
5 $P_{70} K_{120}$	81,7	11,5	–	6,1	–
6 $N_{36} P_{70} K_{120}$	93,1	22,9	11,4	10,1	31,7
7 $N_{60} P_{70} K_{120}$	93,9	23,7	12,2	9,5	20,3
8 $N_{84} P_{70} K_{120}$	95,5	25,3	13,8	9,2	16,4
9 $P_{40} K_{80}$	80,4	10,2	-	8,5	-
10 $N_{36} P_{40} K_{80}$	91,1	20,9	10,7	13,4	29,7
11 $N_{60} P_{40} K_{80}$	93,1	22,9	12,7	12,7	21,2
12 $N_{84} P_{40} K_{80}$	95,9	25,7	15,5	12,6	18,5
13 $P_{20} K_{40}$	76,0	5,8	-	9,7	-
14 $N_{36} P_{20} K_{40}$	85,4	15,2	9,4	15,8	26,1
15 $N_{60} P_{20} K_{40}$	89,2	19,0	13,2	15,8	22,0
НСР ₀₅	1,7				

* Внесение азотных удобрений в два или три срока

В формировании продуктивности севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве при применении разных доз азотных удобрений на фоне дефицитных (50% компенсации выноса), поддерживающих (100% компенсации) и положительных (150% компенсации выноса) балансов P_2O_5 и K_2O , следует отметить, что плодородие почвы имело основное значение 63,1-67,8%. Внесение азотных удобрений обеспечило 14,4-16,2%, фосфорных и калийных – 6,5-12,0% и органических удобрений – 10,2-10,9% продуктивности. Причем роль почвы и органических удобрений максимальная (67,8% и 10,9% соответственно) на фоне дефицитных балансов фосфора и калия, азотных удобрений – 16,2% на фоне поддерживающих балансов фосфора и калия, а фосфорных и калийных – на фоне положительных балансов – 12,0% (табл. 4).

Таблица 4

Роль исследуемых факторов в формировании продуктивности севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве

Факторы	Долевое участие					
	PK – 50%		PK – 100%		PK – 150%	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
Почва	60,5	67,8	60,5	63,1	60,5	63,4
Органические удобрения	9,7	10,9	9,7	10,7	9,7	10,2
PK – удобрения	5,8	6,5	10,2	10,6	11,5	12,0
N – удобрения	13,2	14,8	15,5	16,2	13,8	14,4
Продуктивность, ц/га к.ед.	89,2	100%	95,9	100%	95,5	100%

Вынос с кормовой единицей фосфора, кальция и магния не зависел от системы удобрения и характеризовался постоянными величинами – 0,5, 0,3, и 0,2 кг. Вынос азота с кормовой единицей изменялся в пределах 1,1 (варианты с внесением $P_{20 \cdot 40 \cdot 70} K_{40 \cdot 80 \cdot 120}$) – 1,3 ($N_{60} P_{70}$) и калия 1,2 (без удобрений) – 1,7 ($P_{70} K_{120}$ и $N_{36} P_{70} K_{120}$) кг.

В соответствии с методикой [10] был рассчитан баланс элементов питания в севообороте. В приходную статью включено поступление азота, фосфора и калия с органическими ($N_{20} P_{13} K_{22,8}$) и минеральными удобрениями; осадками и семенами ($N_{13,9} P_{1,6} K_{10,7}$), среднегодовая фиксация азота свободноживущими микроорганизмами 15,0 кг/га и среднегодовая фиксация азота 1 ц зеленой массы клевера лугового 0,35 кг азота и горохо-овсяной смеси – 0,20 кг. В статью расхода: вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, газообразные потери азота, которые в среднем составляют 25% от общего количества, внесенного с минеральными и органическими удобрениями, вынос с инфильтрационными водами ($N_{10} K_{25}$) (табл. 6).

Баланс азота во всех вариантах в зернотравяном севообороте положительный от 47,4 кг/га до 109,8 кг/га при его интенсивности 150-171%. Считаем, что положительным балансом азота также можно объяснить высокую продуктивность севооборота в вариантах без минеральных удобрений. При применении $N_{84} P_{40} K_{80}$ на фоне 8 т/га навоза КРС баланс фосфора и калия – отрицательный. при внесении N_{84} на фоне $P_{70} K_{120}$ баланс по калию отрицательный, а по фосфору – положительный и составил 15,3 кг/га при его интенсивности 122. Отрицательный баланс по калию объясняется очень высоким выносом калия

горохо-овсяной смесью и клевером. Баланс по калию отрицательный при возделывании горохо-овсяной смеси в пределах 88-167 кг/га, а по клеверу – 225-350 кг/га (табл. 5).

Таблица 5

Среднегодовой баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Азот		Фосфор		Калий	
	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
1.Без удобрений	47,4	150	-39,9	4	-102,4	9
2.Навоз, 8 т/га– фон	72,7	166	-34,8	30	-110,0	23
3.N ₆₀ P ₇₀	98,7	165	21,0	133	-132,9	20
4.N60K ₁₂₀	98,7	167	-46,4	25	-47,9	76
5.P ₇₀ K ₁₂₀	73,1	157	25,8	143	-47,4	76
6.N ₃₆ P ₇₀ K ₁₂₀	91,1	159	16,7	124	-72,8	68
7.N ₆₀ P ₇₀ K ₁₂₀	109,8	171	19,0	129	-70,5	69
8.N ₈₄ +P ₇₀ K ₁₂₀	98,6	156	15,3	122	-76,8	67
9.P ₄₀ K ₈₀	71,1	156	-2,7	95	-79,5	59
10.N ₃₆ P ₄₀ K ₈₀	91,3	161	-10,5	84	-94,8	54
11.N ₆₀ P ₄₀ K ₈₀	101,9	164	-12,8	81	-99,9	53
12.N ₈₄ +P ₄₀ K ₈₀	107,8	163	-13,7	80	-105,2	52
13.P ₂₀ K ₄₀	66,5	154	-20,9	63	-99,8	42
14.N ₃₆ P ₂₀ K ₄₀	86,7	161	-22,5	61	-109,1	40
15.N ₆₀ P ₂₀ K ₄₀	100,6	166	-26,9	57	-107,1	41

ИБ* – интенсивность баланса; + – дробное внесение азота.

В среднем по трем полям содержание гумуса за ротацию севооборота изменялось в пределах ошибки опыта (различия по вариантам составили от +0,09 до -0,12%). кислотность пахотного слоя достоверно повышалась на 0,15-0,34 ед. Содержание подвижного фосфора за ротацию севооборота имело тенденцию к снижению или достоверно снижалось на 10-32 мг/кг почвы, несмотря на положительный баланс при системе удобрения в расчете на положительный баланс фосфора. содержание подвижного калия практически во всех вариантах достоверно снизилось на 27-48 мг/кг почвы (табл. 6).

Таким образом, при применении различных систем удобрения сельскохозяйственных культур в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера – клевер луговой – озимое тритикале в условиях окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы наиболее эффективной является органо-минеральная система удобрения, включающая среднегодовое применение азотных удобрений в дозе 84 кг/га д.в. на фоне фосфорных и калийных P_{40,70}K_{80,120} в расчете на 100-150% компенсацию выноса P₂O₅ и K₂O на фоне 8 т/га органических удобрений, при которой обеспечивается продуктивность севооборота на уровне 95-96 ц/га к.ед. Однако, при применении указанных доз органических и минеральных удобрений в пахотном слое дерново-подзолистой

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

супесчаной почвы наблюдается повышение кислотности на 0,33-0,34 ед., снижение содержания фосфора на 23-17 мг/кг и калия на – 44-36 мг/кг почвы.

Таблица 6

Динамика агрохимических показателей пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы в зернотравяном севообороте

№ п/п	рН _{КС}			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг			Гумус, %		
	2003-2005	2008-2010	+	2003-2005	2008-2010	+	2003-2005	2008-2010	+	2003-2005	2008-2010	+
1	5,82	5,66	-0,16	168	136	-32	110	71	-39	2,60	2,63	0,03
2	5,87	5,72	-0,15	185	154	-31	125	92	-33	2,79	2,76	-0,03
3	5,78	5,55	-0,23	256	226	-30	114	74	-40	2,83	2,81	-0,02
4	5,84	5,65	-0,19	187	158	-29	247	220	-27	3,02	2,90	-0,12
5	5,86	5,67	-0,19	270	257	-13	275	238	-37	2,90	2,85	-0,05
6	5,81	5,54	-0,27	275	264	-11	246	213	-33	2,94	2,83	-0,11
7	5,78	5,47	-0,31	285	258	-27	239	202	-37	2,87	2,86	-0,01
8	5,72	5,38	-0,34	281	264	-17	238	202	-36	2,91	2,90	-0,01
9	5,82	5,62	-0,20	277	250	-27	246	216	-30	2,99	2,89	-0,10
10	5,77	5,57	-0,20	255	245	-10	226	188	-38	2,98	2,90	-0,08
11	5,76	5,50	-0,26	260	235	-25	202	154	-48	2,91	2,89	-0,02
12	5,75	5,42	-0,33	245	222	-23	192	148	-44	2,89	2,91	0,02
13	5,80	5,69	-0,11	237	214	-23	197	161	-36	2,88	2,85	-0,03
14	5,81	5,62	-0,19	221	199	-22	162	133	-29	3,00	2,98	-0,02
15	5,84	5,59	-0,25	217	187	-30	146	109	-37	2,81	2,90	0,09
НСР	0,08	0,08		24,6	26,3		17,9	18,2		0,31	0,28	

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой песками с глубины 0,3-0,5 м, почве оптимальная урожайность зеленой массы горохо-овсяной смеси на уровне 390-400 ц/га формировалась при применении органо-минеральной системы удобрения – 40 т/га навоза КРС + N₃₀₋₉₀P₄₀K_{80,120}. Эти варианты системы удобрения обеспечивали достаточно высокие параметры окупаемости удобрений – 33,0-54,7 кг зеленой массы на 1 кг NPK и 38-166 кг зеленой массы на 1 кг азота.

2. Наиболее эффективными дозами минеральных удобрений под ячмень на фоне последействия 40 т/га органических удобрений являются N₆₀₊₃₀P₄₀K₈₀. Внешение указанных доз минеральных удобрений обеспечивало получение урожайности зерна в среднем за три года 48,7 ц/га. Последействие органических удобрений обеспечивало получение дополнительной урожайности зерна ячменя 5,8 ц/га. Применение удобрений в указанных дозах обеспечивало содержание белка 10,2%, сбор белка 426 кг/га, коэффициент энергоотдачи – 1,5 ед. и коэффициенты использования элементов питания из удобрений – азота – 37%, фосфора – 32%, калия – 45%. За счет плодородия почвы формировалось 63,7-66,8%, фосфорных

и калийных удобрений – 15,3-8,6, азотных – 9,8-12,2 и последствий органических удобрений – 11,8-12,4 урожайности зерна.

3. В среднем за три года оптимальная урожайность зерна диплоидного сорта озимой ржи Зарница 71,7 ц/га формировалась при комплексном последовательном и совместном применении средств химизации. Оптимальный срок внесения азотных удобрений – N_{60} весной в начале возобновления вегетации растений + N_{30} в стадию 1-го узла на фоне $P_{40}K_{80}$ (внесение осенью в расчете на поддерживающие балансы) и последствия 40 т/га навоза КРС. При данной системе удобрения окупаемость 1 кг NPK составила 15,9 кг и 1 кг азотных удобрений – 27,9 кг зерна, чистый доход 138,8 у.е./га, рентабельность 75,1%, коэффициент энергоотдачи – 2,95.

При оптимальной системе удобрения содержание в зерне ржи белка 8,3%; элементов питания: азот – 1,61, фосфор – 0,64, калий – 0,52, CaO – 0,08 и MgO – 0,12%; в соломе: соответственно – 0,43, 0,27, 1,40, 0,12 и 0,12%; сбор белка – 490 кг/га.

4. В сумме за два укоса и в среднем за три года внесение $P_{70}K_{120}$ обеспечило урожайность зеленой массы клевера лугового Устойливы на уровне 582-694 ц/га. Внесенные под покровную культуру – озимую рожь, азотные удобрения в дозах 60, 90 кг/га снижали урожайность зеленой массы клевера 1 укоса. Максимальная урожайность 694 ц/га формировалась при применении $P_{70}K_{120}$ и внесении $N_{30}P_{70}K_{120}$ под предшественник – озимую рожь. Прибавка, при сравнении с внесением $P_{40}K_{80}$ и $P_{20}K_{40}$, составила 24 ц/га и 65 ц/га соответственно. Сбор сухого вещества при оптимальной урожайности составил 103,5 ц/га, сена получено 123,2 ц/га, кормовых единиц – 145,5 ц/га. Среднегодовое содержание сырого белка в 1 укосе изменялось в зависимости от системы удобрения от 13,3 до 15,0% и во 2 укосе – от 13,6 до 17,0%

5. Оптимальная урожайность зерна озимого тритикале Вольтарио 72,6 ц/га формировалась при комплексном последовательном и совместном применении средств химизации. Азотные удобрения 150 кг/га д.в. карбамид (мочевина) вносили в три срока (90 кг/га весной при возобновлении вегетации растений + 30 кг/га в фазу 1 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных в расчете на поддерживающие балансы $P_{40}K_{80}$ и последствия 40 т/га органических удобрений. При данной системе удобрения прибавка зерна от NPK составила 31,1 ц/га, в том числе от азотных удобрений 25,6 ц/га, при оплате 1 кг NPK 11,5 кг и 1 кг азота – 17,1 кг зерна. Последствие органических удобрений (40 т/га) не оказало достоверного влияния на урожайность зерна озимого тритикале. При оптимальной урожайности следующее содержание элементов питания в зерне: азот – 1,93, фосфор – 0,93, калий – 0,67, кальций – 0,05 и магний – 0,17%; в соломе: N – 1,24%, P_2O_5 – 0,60, K_2O – 1,54, CaO – 0,12 и MgO – 0,14%.

6. При возделывании зернотравяного севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве, наиболее эффективной является органо-минеральная система удобрения с внесением $N_{84}P_{40}K_{80}$ на фоне 8,0 т/га среднегодового применения органических удобрений. Рекомендуемая система удобрения обеспечила продуктивность севооборота на уровне 6 ц/га к.ед. Однако плодородие почвы при этом ухудшилось: кислотность почвы повысилась на 0,33 единицы, содержание подвижных фосфора и калия снизилось на 23 и 44 мг/кг почвы соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / Под общ. Редакцией А.А. Попкова. – Мн.: 2001. – 308 с.
2. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина. – 2007. – 448 с.
3. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
4. Лапа, В.В. Применение макро- и микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / В.В.Лапа, М.В. Рак // Белорусское сельское хозяйство. – №4(84). – 2006. – С. 40-44.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрасл. Регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков и [др.]. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 460 с.
6. Лапа, В.В. Продуктивность зернотравяно-пропашного севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении различных систем удобрения / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Бавтрук // Агрохимия. – 2009. – №6 – С. 1-10
7. Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Грачева А.А. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество ячменя Гонар при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №1(42). – С. 102-111.
8. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимой ржи Зарница на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.В. Пилипчук // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 2009 г. / ГГАУ. – Гродно, 2009. – С. 204-205.
9. Эффективность систем удобрения при возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С.98-108.
10. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. – 2007. – 26 с.

CROP ROTATION PRODUCTIVITY AND FERTILITY OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL UNDER DIFFERENT FERTILIZER SYSTEM

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, M.M. Lomonos, A.A. Grachova, A.V. Bachyshcha

Summary

Under the implementation of different fertilizer systems of agricultural cultures in rotation such as pea-oat mixture – winter rye sowing with clover – madow clover – winter triticale cultivated in sod-podzolic sandy loam soil the most effective-is the organo-mineral system of fertilization, involving the use of phosphorus and potassium fertilizers ($R_{40}K_{80}$) the rate of 100% compensation for removal of P_2O_5 and K_2O and the introduction of 84 kg of nitrogen-fertilizers in three terms against the 8 t/ha of organic

fertilizer, which provides a pro-inductance rotation of 95.9 kg/ha. However, the fertility of the soil at the same time has worsened: the acidity of the soil has increased by 0.33 units; the content of mobile phosphorus and potassium has decreased by 23 and 44 mg/kg soil respectively.

Поступила 22 марта 2011 г.

УДК 631.582:631.874

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ, СОЛОМЫ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВОБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа¹, В.И. Ульянчик², Т.М. Серая¹, Т.В. Гончаревич², С.Н. Кобринец²

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

²*Брестская областная сельскохозяйственная опытная станция, г. Пружаны, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Одной из главных задач современного земледелия является воспроизводство и сохранение почвенного плодородия. Наиболее острым, требующим незамедлительного вмешательства, является вопрос пополнения органическим веществом пахотных земель, особенно легкого гранулометрического состава, которые в Брестской области занимают более 80% [1, 2].

Важным источником пополнения органического вещества почвы может быть запашка соломы, зеленой массы сидерата промежуточных культур с соломой. При использовании зеленой массы на кормовые цели дополнительным видом органического вещества служат корневые и пожнивные остатки [3, 4]. Указанные источники органического вещества почвы имеют различные соотношения между С и N [5], это требует разработки системы внесения минеральных удобрений, прежде всего азотных, особенно под пропашные культуры, которые наиболее эффективно отзываются на применение названных видов органического вещества.

Цель настоящей работы – установить действие и последствие запашки соломы, сидерата и пожнивно-корневых остатков редьки масличной на продуктивность культур звена севооборота и содержание гумуса в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2004-2009 гг. на стационарном опытном участке Брестской ОСХОС. Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, развивающаяся на пылевато-песчанистой супеси, подстилаемой с глубины до 1 м рыхлым песком.

Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} (потенциометрическим методом) – 6,0-6,3; P_2O_5 и K_2O (по Кирса-

нову) – соответственно 180-230 и 170-200 мг/кг почвы; гумус (по Тюрину) – 1,8-2,1%.

Полевые опыты по изучению влияния различного использования зеленой массы редьки масличной, соломы, минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота: картофель Атлант, ячмень Гонар, озимая рожь Дубинская проводили в 4-х кратной повторности. Размер делянки 60 м², учетная площадь – 40 м².

Создано два фона: с соломой озимой ржи, которую измельчали измельчителем ИРПУ-1,75 и без соломы. По созданным фонам пожнивно высевали редьку масличную, перед посевом которой вносили азотные удобрения в форме карбамида из расчета 90 кг/га д.в. Проводили двукратное дискование БДТ-3,0, а затем предпосевную обработку почвы АКШ-3,6. Все агротехнические операции от уборки озимой ржи до посева крестоцветной культуры выполняли до 10-15 августа. На каждом из фонов половину посева редьки масличной убирали на корм скоту, а вторую оставляли под запашку.

Минеральные удобрения под изучаемые культуры в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия вносили вручную согласно схеме опыта (табл. 1).

Зеленую массу промежуточной культуры убирали согласно схеме опыта кормоуборочным комплексом Е-280 и вывозили с поля.

Агротехника возделывания изучаемых культур – общепринятая для условий Республики Беларусь.

Активность целлюлозоразлагающих бактерий изучали по интенсивности разложения льняного полотна.

Расчет долевого участия изучаемых факторов в урожае исследуемых культур проводили по схеме дисперсионного анализа трехфакторных опытов по Б.А. Доспехову [6].

Экономическую эффективность определяли расчетным методом согласно принятым методикам по существующим закупочным ценам на продукцию, затратам на получение урожая [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что урожайность редьки масличной на фоне запашки 4,7-5,2 т/га соломы озимой ржи составила 14,8-15,5 ц/га сухого вещества, на фоне без запашки соломы – 16,9-17,1 ц/га. Содержание азота, фосфора и калия в зеленой массе редьки масличной на фоне запашки соломы было ниже, чем на фоне без запашки соломы соответственно на 0,35%, 0,05, 0,35% на сухое вещество. На основании чего можно сделать вывод о некотором ухудшении условий минерального питания сразу после запашки соломы.

На каждом из фонов соломы половину посева редьки масличной убирали на корм скоту, а вторую часть оставляли под запашку. Первой культурой, на которой изучали влияние различного использования зеленой массы редьки масличной, запашки соломы и доз минеральных удобрений был картофель Атлант. Анализ экспериментальных данных показал, что влияние изучаемых факторов на урожайность клубней картофеля в значительной степени определялось погодными условиями вегетационных периодов (табл.1).

Влияние зелёной массы, растительных остатков редьки масличной, соломы и минеральных удобрений на урожайность картофеля Атлант, 2005-2007 гг.

Фон	Вариант	Урожайность, ц/га				Окупаемость 1 кг, кг клубней	
		2005 г.	2006 г.	2007 г.	Среднее за 2005-2007 гг.	NPK	N
Запашка сидерата							
Без соломы	Без удобрений	250	280	273	267	–	–
	N ₆₀	263	308	292	288	–	35
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	266	320	351	312	19	35
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	282	329	322	311	16	22
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	299	350	329	326	20	29
	Ср. по фону	272	317	313	301		
Запашка соломы	Без удобрений	247	270	271	263	–	–
	N ₆₀	257	311	312	293	–	50
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	296	332	344	324	25	50
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	279	293	346	306	16	13
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	295	297	341	311	16	14
	Ср. по фону	275	301	323	299		
Запашка пожнивно-корневых остатков редьки масличной							
Без соломы	Без удобрений	246	284	273	267	–	–
	N ₆₀	259	302	282	281	–	23
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	279	317	353	314	20	23
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	275	316	328	306	14	7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	282	313	306	300	11	–
	Ср. по фону	267	306	308	294		
Запашка соломы	Без удобрений	222	287	259	256	–	–
	N ₆₀	267	304	310	293	–	62
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	269	329	306	301	19	62
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	280	317	314	304	18	44
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	301	314	312	309	18	38
	Ср. по фону	268	310	300	293		
НСР ₀₅		19	22	28	15		

В 2005 г. наибольшие прибавки урожайности за счёт минеральных удобрений сформированы на фоне запашки соломы со скашиванием зелёной массы редьки масличной, где и отмечена более высокая окупаемость минеральных удобрений (19-26 кг клубней от 1 кг д.в. NPK) при внесении N₆₀. Установлено снижение эффективности азота с повышением доз азотных удобрений. Сидеральное удобрение и солома в условиях проведения исследований оказали незначительное влияние на урожайность клубней. Как на величину урожая, так и на долевое участие факторов питания существенное влияние оказали погодные условия. Особенно отрицательно сказался недостаток влаги в третьей декаде июня, первой и второй

декаде июля, где коэффициент увлажнения составил соответственно 0,05 и 0,08, при оптимуме 0,4-0,6.

Формирование урожая клубней картофеля в 2006 г. проходило в сложных погодных условиях. В августе после продолжительной летней засухи осадков выпало больше нормы на 210%. Избыток почвенной влаги (17,4-18,3%) привел к возобновлению вегетации и к обильному приросту массы клубней, что в конечном итоге сказалось на величине урожая, который в среднем по фонам находился в пределах 301-317 ц/га (табл.1).

Наиболее высокая окупаемость 1 кг д.в. азота получена при внесении N_{60} и $N_{60}P_{60}K_{120}$ (28-68 кг клубней). В 2006 г., в условиях избытка влаги, солома (4,7 т/га) в прямом действии не дала положительного эффекта. Запашка сидерата наиболее эффективна была на фоне без соломы.

И если в 2005 г. наблюдалась закономерность повышения урожайности картофеля с увеличением доз внесения азотных удобрений на всех изучаемых фонах органического вещества, то в 2007 г. на фоне без соломы наибольший сбор клубней получен при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$, а с заашкой соломы – $N_{90}P_{60}K_{120}$. В этом году дальнейшее повышение дозы азота привело к некоторому снижению урожайности клубней. Это, по всей видимости, связано с сильной жарой в третьей декаде мая, которая доходила до 27,0-30,4 °С (период клубнеобразования) и третьей декады августа (28,3-31,0 °С), где больше всего страдали растения с большей вегетативной массой на более удобренных вариантах. Наибольшая окупаемость 1 кг азота получена при заашке соломы, особенно на фоне скашивания зеленой массы редьки масличной, при внесении N_{60} (85 кг клубней). Более высокие прибавки картофеля от сидерального удобрения получены на фоне заашки соломы.

Наблюдения за почвенной влагой в 2007 г. показали, что наименьшее ее количество было во второй декаде июня (5,5-5,6%) и третьей – июля (5,3-5,8%).

В среднем за три года (табл. 1) прибавка урожайности клубней картофеля за счет заашки зеленой массы редьки масличной на фоне без заашки соломы составила 7 ц/га, на фоне заашки соломы – 6 ц/га при НСР₀₅ по фактору – 2 ц/га. Солома в прямом действии не оказала существенного влияния на величину урожая.

Не установлено четкой закономерности изменения активности целлюлозоразрушающих бактерий в зависимости от вида органического вещества, за исключением заашки одних растительных остатков редьки масличной, где выявлена тенденция к снижению на 7,0-7,1% в слое 0-10 см и 4,8-7,0% в слое 10-20 см по сравнению с другими видами вносимого органического вещества (табл. 2).

Наблюдалось существенное повышение микробиологической активности по разрушению льняного полотна с повышением доз внесения минеральных удобрений. Наиболее высокой она была при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ в пахотном слое 0-10 см (62,1%) на фоне заашки соломы и сидерата.

Анализ экономической эффективности показал, что наибольший условно чистый доход (2862 у.е./га) получен при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ на фоне заашки соломы и сидерата. Запашка зелёной массы редьки масличной в среднем по фону способствовала получению дополнительного условно чистого дохода 136-140 у.е./га по сравнению со скашиванием.

**Влияние зелёной массы редьки масличной,
растительных остатков, минеральных удобрений и соломы
на разложение клетчатки в посевах картофеля, %
(среднее за 2005-2007 гг.)**

Вариант	Глубина взятия образца, см	Контроль	N_{60}	$N_{60}P_{60}K_{120}$	$N_{90}P_{60}K_{120}$	$N_{120}P_{60}K_{120}$	Сред- нее по фонам
Запашка соломы + сидерат	0-10	44,5	53,3	50,5	62,1	54,0	52,9
	10-20	42,3	52,5	51,5	50,2	50,2	49,3
Запашка сидерата	0-10	46,4	51,3	58,4	55,4	53,4	53,0
	10-20	49,8	51,1	52,9	50,1	53,7	51,5
Запашка соломы + пожнив- но-корневые остатки редьки масличной	0-10	49,1	53,3	54,6	56,8	54,3	53,6
	10-20	44,9	50,4	51,3	49,7	49,7	49,2
Пожнивно-корневые остатки редьки масличной	0-10	47,1	43,6	52,0	43,2	43,8	45,9
	10-20	41,4	42,5	52,1	42,4	43,4	44,4
Среднее по вариантам		44,4	47,6	49,3	50,1	48,4	

Более высокая окупаемость азотных удобрений наблюдалась на фоне скашивания зеленой массы редьки масличной на фоне запашки соломы (табл. 1).

При определении качественных показателей картофеля отмечалось повышение товарности клубней в зависимости от увеличения доз внесения минеральных удобрений (табл. 3).

Содержание крахмала изменялось в обратно пропорциональной зависимости: наибольшее его количество было на контрольных вариантах и наименьшее – при внесении повышенных доз азота. В условиях 2005 г. не установлено увеличения нитратного азота выше ПДК (150 мг/кг) от применяемых количеств минеральных удобрений.

В 2006 г. небольшое превышение ПДК по содержанию $N-NO_3$ в клубнях картофеля было отмечено только в вариантах с внесением N_{90} и N_{120} . В 2007 г. во всех вариантах, где вносили азотные удобрения, содержание нитратов в клубнях было выше ПДК, особенно на фоне запашки пожнивно-корневых остатков редьки масличной (185-203 мг/кг).

Высокое содержание нитратов в 2007 г. объясняется погодными условиями. В июле выпало осадков в 1,6 раза больше среднемноголетнего значения, в августе – в 1,4 раза больше. Кроме этого вторая и третья декады августа отмечались пониженными температурами (вторая на 2,7°C, а третья на 3,0°C были ниже среднемноголетних данных). Vegetация картофеля продолжалась до 29 августа.

Содержание нитратного азота в почве перед уборкой картофеля в 2005 г. было на уровне 9,4-15,0 мг/кг почвы, в 2006-2007 гг. – 29,2-100 мг/кг почвы.

Прохладная, часто пасмурная, погода явилась причиной пониженной фотосинтетической активности растений картофеля, а обилие осадков, достаточное

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

количество подвижных форм азота в почве способствовали накоплению нитратного азота в клубнях.

Таблица 3

Влияние соломы, сидерата, минеральных удобрений и пожнивно-корневых остатков редьки масличной на качество клубней картофеля Атлант, 2005-2007 гг.

Вариант	Товарность, %			Сод. нитратов, мг/кг			Сод. крахмала, %		
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Запашка сидерата на фоне без соломы									
Без удобрений	85	95	94	57	104	129	15,3	15,7	15,2
N ₆₀	87	96	96	105	125	157	14,8	15,7	14,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	79	96	97	92	128	205	14,2	14,9	15,0
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	82	98	97	137	153	217	14,0	14,7	13,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	94	97	94	121	146	227	14,0	14,5	13,4
Ср. по фону	87	96	96	102	131	187	14,5	15,1	14,3
Запашка сидерата на фоне соломы									
Без удобрений	82	92	95	75	90	95	15,8	16,2	15,2
N ₆₀	94	95	95	114	109	217	14,6	16,2	14,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	91	96	97	102	128	207	14,1	14,7	15,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	95	97	97	131	134	217	14,1	14,2	13,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	93	96	96	128	134	218	14,4	14,2	13,1
Ср. по фону	91	95	96	110	119	191	14,6	15,1	14,3
Запашка пожнивно-корневых остатков редьки масличной на фоне без соломы									
Без удобрений	78	93	94	63	105	125	15,1	15,6	15,8
N ₆₀	89	94	97	96	109	214	15,4	15,0	14,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	93	96	97	104	148	189	15,0	14,4	14,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	92	98	97	118	158	238	13,7	14,0	13,0
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	92	97	96	104	172	249	13,6	14,1	12,9
Ср. по фону	89	96	96	97	138	203	14,0	14,6	14,1
Запашка пожнивно-корневых остатков редьки масличной на фоне соломы									
Без удобрений	88	94	94	66	110	98	15,2	15,9	14,9
N ₆₀	90	94	95	104	108	207	14,0	16,2	14,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	86	96	97	94	140	198	14,6	15,4	14,5
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	93	97	97	133	147	207	13,2	15,4	15,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	92	97	97	137	153	217	13,9	14,7	12,3
Ср. по фону	91	96	96	106	129	185	14,2	15,5	14,2

Последствие вносимых видов органического вещества изучалось на ячмене Гонар. В 2006 г. (табл. 4) не отмечено существенного влияния изучаемых факторов на урожайность зерна в условиях проведения исследований. В связи с крайне неблагоприятными погодными условиями в период интенсивного роста изучаемой

культуры наблюдалась даже тенденция к снижению урожайности зерна при повышении доз азота. К периоду налива зерна наблюдалось интенсивное снижение уровня влаги в пахотном слое, содержание которой к 28 июня – 8 июля было ниже влажности мёртвого запаса (2,5–3,2%) и доходило до 2,4-1,8%. Наиболее сильно пострадали растения на удобренных делянках с большой вегетативной массой, для жизнедеятельности которой требовалось больше влаги. Однако наблюдалась чёткая тенденция повышения урожайности зерна на фоне последствия запашки пожнивно-корневых остатков редьки масличной в вариантах без соломы.

В 2007 г. развитие и рост ячменя сдерживал недостаток влаги в почве в конце апреля – начале мая (4,9-6,9%). Особенно сильно страдали растения также от недостатка влаги в конце мая (3,2-3,6%) и второй декаде июня (3,4-3,5%). Наблюдалось частичное «подгорание» листьев. Затем в начале июля выпали осадки, что способствовало повышению содержания влаги в почве до 14,4-15,5%. Это стимулировало повышение эффективности минеральных удобрений, в большей степени азотных, особенно на фоне запашке соломы и сидерата.

Наиболее благоприятные погодные условия для роста и развития ячменя сложились в 2008 г., за исключением второй декады июня, где влажность слоя почвы 10-20 см доходила до 3,2% (мертвый запас), а в третьей декаде влажность этого слоя составила 5,0%. Это явилось причиной снижения урожайности зерна при внесении повышенных доз минерального азота (табл. 4). Высокая продуктивность ячменя отмечалась при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ в основном на всех изучаемых фонах органических удобрений. Наибольшая окупаемость минеральных удобрений установлена при внесении N_{60} и $N_{60}P_{60}K_{120}$ на фоне запашки соломы и сидерата. На фоне запашке соломы, за исключением варианта без удобрений, в основном получены достоверные прибавки урожайности ячменя за счет сидерата.

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений и последствия сидерата, пожнивно-корневых остатков редьки масличной, соломы на урожайность ячменя Гонар, 2006-2008 гг.

Фон	Вариант	Урожайность, ц/га				Окупаемость 1 кг, кг зерна	
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	Среднее за 2006-2008 гг.	NPK	N
Запашка сидерата							
Без соломы	Без удобрений	28,6	29,6	35,1	31,1	-	-
	N_{60}	27,3	30,2	38,8	32,1	-	1,7
	$N_{60}P_{60}K_{120}$	29,5	36,0	46,4	37,3	2,6	1,7
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	24,7	31,5	39,4	31,9	0,3	-
	$N_{120}P_{60}K_{120}$	26,2	35,2	39,6	33,7	0,9	-
	Ср. по фону	27,3	32,5	39,9	33,2		
Запашка соломы	Без удобрений	31,9	28,2	30,6	30,2	-	-
	N_{60}	28,0	28,0	41,0	32,3	-	3,5
	$N_{60}P_{60}K_{120}$	29,1	34,1	47,0	36,7	2,7	3,5
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	27,9	29,1	39,5	32,2	0,7	-
	$N_{120}P_{60}K_{120}$	27,8	32,2	40,9	33,6	1,1	-
	Ср. по фону	28,9	30,3	39,8	33,0		

Фон	Вариант	Урожайность, ц/га				Окупаемость 1 кг, кг зерна	
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	Среднее за 2006-2008 гг.	NPК	N
Запашка пожнивно-корневых остатков редьки масличной							
Без соломы	Без удобрений	30,6	24,9	36,6	30,7	-	-
	N ₆₀	29,4	31,0	39,7	33,4	-	4,5
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	30,1	31,9	46,3	36,0	2,2	4,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	30,8	34,6	39,2	34,9	1,6	1,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	26,6	37,1	39,6	34,4	1,2	0,9
	Ср. по фону	29,5	31,9	40,3	33,9		
Запашка соломы	Без удобрений	29,3	24,8	33,4	29,2	-	-
	N ₆₀	29,7	32,2	36,4	32,8	-	6,0
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	30,0	34,3	38,2	34,2	2,1	6,0
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	27,0	32,9	39,0	33,0	1,4	2,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	25,4	34,0	37,0	31,7	0,8	0,9
	Ср. по фону	28,3	31,6	36,8	32,2		
	HCP ₀₅	2,6	3,8	3,6	2,2		

В среднем за три года исследований максимальная урожайность зерна ячменя на всех фонах органических удобрений получена при внесении N₆₀P₆₀K₁₂₀. Более высокая окупаемость азотных удобрений отмечалась при внесении N₆₀ и N₆₀P₆₀K₁₂₀ на фоне запашки соломы и пожнивно-корневых остатков редьки масличной.

Анализ урожайных данных озимой ржи за 2007 г. показал, что все изучаемые дозы минеральных удобрений обеспечили достоверные прибавки урожая зерна (табл. 5). Максимальная урожайность сформирована при внесении N₆₀P₆₀K₁₂₀ на всех фонах последствия органических удобрений. Наиболее высокая окупаемость азотных удобрений наблюдалась на фоне последствия пожнивно-корневых остатков редьки масличной.

В 2008 г. на фоне без соломы оптимальным вариантом был N₆₀P₆₀K₁₂₀, а при запашке соломы – N₆₀, где и получены более высокие урожаи зерна. Наиболее высокая окупаемость азотных удобрений (27,5 кг зерна от 1 кг д.в. азота) отмечена при внесении N₆₀ и N₆₀P₆₀K₁₂₀ на фоне последствия соломы и пожнивно-корневых остатков редьки масличной.

Более благоприятные условия для формирования зерна озимой ржи сложились в 2009 г., где коэффициент увлажнения в период интенсивного роста не опускался ниже 0,36. Однако сильные дожди со шквальным ветром в июне, июле, особенно 23 июня, 17 и 27 июля привели к частичному полеганию стеблестоя, что отразилось на данных урожайности (табл. 5). Более высокий сбор зерна получен при внесении N₁₂₀P₆₀K₁₂₀ (45,8 ц/га) на фоне последствия сидерата и на фоне последствия соломы и пожнивно-корневых остатков редьки масличной (46,2 ц/га). Наибольшая окупаемость азотных удобрений наблюдалась при внесении N₆₀ и N₆₀P₆₀K₁₂₀ на фоне последствия запашки соломы и сидерата.

В среднем за три года исследований наибольшая урожайность зерна получена на фоне последствия пожнивно-корневых остатков редьки масличной. Более

высокая окупаемость азота минеральных удобрений выявлена при внесении N_{60} на фоне последствия соломы. Оптимальным вариантом при изучении доз минеральных удобрений на всех фонах внесения органического вещества явился $N_{60}P_{60}K_{120}$, где и получена наибольшая урожайность 36,3-40,4 ц/га.

Таблица 5

Влияние минеральных удобрений и последствия сидерата, пожнивно-корневых остатков редьки масличной, соломы на урожайность озимой ржи Дубинская, 2007-2009 гг.

Фон	Вариант	Урожайность, ц/га				Окупаемость 1 кг, кг зерна	
		2007 г.	2008 г.	2009 г.	Среднее за 2007-2009 гг.	NPK	N
Запашка сидерата							
Без соломы	Без удобрений	20,5	25,8	22,4	22,9	-	-
	N_{60}	28,2	36,5	41,4	35,4	-	20,8
	$N_{60}P_{60}K_{120}$	34,5	38,3	39,1	37,3	6,0	20,8
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	32,8	34,4	45,2	37,5	5,4	14,1
	$N_{120}P_{60}K_{120}$	24,8	36,4	45,8	35,7	4,3	9,1
	Ср. по фону	28,2	34,3	38,8	33,8		
Запашка соломы	Без удобрений	20,5	24,5	21,4	22,1	-	-
	N_{60}	25,2	37,3	44,7	35,7	-	22,7
	$N_{60}P_{60}K_{120}$	38,2	35,0	38,8	36,3	5,9	22,7
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	32,2	30,4	42,8	35,2	4,8	13,9
	$N_{120}P_{60}K_{120}$	28,1	32,4	36,7	32,4	3,4	8,1
	Ср. по фону	28,8	31,9	35,0	32,1		
Запашка пожнивно-корневых остатков редьки масличной							
Без соломы	Без удобрений	18,3	30,3	24,0	24,2	-	-
	N_{60}	37,4	35,6	38,1	37,0	-	21,3
	$N_{60}P_{60}K_{120}$	38,4	42,1	40,6	40,4	6,8	21,3
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	36,8	34,7	40,8	37,4	4,9	10,9
	$N_{120}P_{60}K_{120}$	31,6	34,3	43,9	36,6	4,1	7,5
	Ср. по фону	32,5	35,4	37,5	35,1		
Запашка соломы	Без удобрений	21,5	22,4	22,2	22,0	-	-
	N_{60}	32,3	38,9	38,2	36,4	-	24,0
	$N_{60}P_{60}K_{120}$	35,5	38,8	43,2	39,2	7,2	24,0
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	33,9	30,0	40,5	34,8	4,7	11,1
	$N_{120}P_{60}K_{120}$	28,6	33,9	46,2	36,2	2,3	9,5
	Ср. по фону	30,4	32,8	38,1	33,7		
$НСР_{05}$		4,2	3,2	4,0	2,8		

При анализе продуктивности звена севооборота картофель, ячмень, озимая рожь установлено, что средний сбор кормовых единиц по изучаемым фонам органического вещества составил 61,7-63,3 ц/га (табл. 6). Более продуктивным был картофель, менее – зерновые культуры. Наибольшая продуктивность (66,2-69,0 ц к.ед./га) получена при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$.

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Выявлена тенденция повышения эффективности заправки сидерата на фоне соломы, особенно при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$.

Заправка 100-114 ц/га зелёной массы редьки масличной и 4,7-5,2 т/га соломы озимой ржи было недостаточным для поддержания бездефицитного баланса гумуса при продуктивности звена севооборота в среднем 52,1–69,0 ц к.ед. с 1 га. Однако выявлена положительная роль соломы в уменьшении потерь гумуса: при заправке сидерата без соломы содержание гумуса за три года в среднем по полям снизилось на 0,10%, на фоне соломы – на 0,05-0,07%.

Содержание лабильного органического вещества (ЛОВ) по изучаемым фонам колебалось в пределах 0,24-0,34%. Не выявлено четкой зависимости между содержанием ЛОВ и различными видами органического вещества.

Таблица 6

Влияние минеральных удобрений, сидерата, пожнивно-корневых остатков редьки масличной, соломы на продуктивность звена севооборота ц к.ед. с 1 га с севооборотной площади, среднее за 2005-2009 гг.

Вариант	Заправка сидерата		Заправка пожнивно-корневых остатков редьки масличной		Прибавка за счёт заправки сидерата* (НСР ₀₅ 1ц/га)
	продуктивность, ц к.ед./га	условно чистый доход, у.е./га	продуктивность, ц к.ед./га	условно чистый доход, у.е./га	
На фоне без соломы					
Без удобрений	53,3	407,7	53,8	388,5	-0,5
N_{60}	61,9	504,6	62,6	489,3	-0,7
$N_{60}P_{60}K_{120}$	68,0	542,1	69,0	530,9	-1,0
$N_{90}P_{60}K_{120}$	65,2	493,5	66,2	482,3	-1,0
$N_{120}P_{60}K_{120}$	65,8	492,0	64,9	454,6	+0,9
Ср. по фону	62,8		63,3		-0,5
На фоне заправки соломы					
Без удобрений	52,1	386,8	50,9	344,1	+1,2
N_{60}	62,8	514,0	63,4	497,3	-0,6
$N_{60}P_{60}K_{120}$	68,0	539,1	66,2	489,3	+1,8
$N_{90}P_{60}K_{120}$	63,8	471,1	63,7	444,8	+0,1
$N_{120}P_{60}K_{120}$	63,5	457,3	64,3	443,3	-0,8
Ср. по фону	62,0		61,7		+0,3
НСР ₀₅ – для фонов 0,6 ц к.ед/га					
НСР ₀₅ – для частных различий 2,2 ц к.ед/га					

* Математическая обработка проведена по средним данным звена севооборота.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве заправка 4,7-5,2 т/га соломы озимой ржи под картофель в среднем за три года обеспечила прибавку урожайности клубней картофеля 16 ц/га на фоне заправки сидерата и внесения $N_{60}P_{60}K_{120}$. Максимальная прибавка урожайности (23 ц/га) за счет соломы на

фоне заправки пожнивно-корневых остатков редьки масличной получена при внесении N_{60} .

Заправка сидерата была наиболее эффективна на фоне без соломы при внесении $N_{90}P_{60}K_{120}$ и способствовала увеличению урожайности клубней картофеля на 26 ц/га; на фоне заправки соломы – при внесении N_{60} (16 ц/га).

Наиболее высокая окупаемость 1 кг д.в. азота отмечена при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ при заправке соломы на фоне скашивания зелёной массы редьки масличной и составила 62 кг картофеля.

2. В условиях 2006-2008 гг. наиболее высокая урожайность зерна ячменя Гонар сформирована при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ на всех изучаемых фонах органического вещества 34,2-37,3 ц/га. В среднем за три года достоверная прибавка зерна ячменя от последствия сидерата (2,5 ц/га) получена на фоне заправки соломы и внесения $N_{60}P_{60}K_{120}$.

3. При возделывании озимой ржи Дубинская наибольшая урожайность зерна (36,3-40,4 ц/га) сформирована при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ на всех фонах последствия органических удобрений. Выявлена более высокая эффективность последствия растительных и корневых остатков на третий год по сравнению с заправкой всей массы, особенно на фоне без соломы.

4. Наибольшая среднегодовая продуктивность звена севооборота (66,2-69,0 ц к.ед/га) получена при внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ на всех фонах органического вещества. Достоверная прибавка от заправки сидерата получена только на фоне заправки соломы и внесении $N_{60}P_{60}K_{120}$ и составила 1,8 ц/га к.ед.

5. Заправка 14,8-17,1 ц/га сухого вещества зелёной массы редьки масличной и 4,7-5,2 т/га соломы озимой ржи не обеспечила положительный баланс гумуса в звене севооборота: картофель, ячмень, озимая рожь. Однако выявлена положительная роль соломы в уменьшении потерь гумуса: при заправке сидерата без соломы содержание гумуса за три года в среднем снизилось на 0,10%, на фоне соломы – на 0,05-0,07%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдевич, И.М. Плодородие почв – основа продуктивного и устойчивого землепользования / И.М. Богдевич, В.В. Лапа // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № (34) – С. 3-5.

2. Лапа, В.В. Интенсивность баланса элементов питания и продуктивность полевых севооборотов на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах / В.В. Лапа, В.Н. Босак, Н.Н. Ивахненко // Почвоведение и агрохимия – 2007. – №1(38) – С.7-21.

3. Никончик, П. И. Баланс органического вещества в почве в севооборотах разной специализации / П.И. Никончик // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. агр. наук. – 2007 – №2. – С.39-46.

4. Ульяновчик, В.В. Влияние промежуточных культур, соломы, минеральных удобрений на урожайность и продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / В.И. Ульяновчик, С.Н. Кобринец, Г.В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №1(38) – С. 172-181.

5. Довбан, К.И. Использование подсеваемых и озимых промежуточных сидератов под озимые зерновые / К.И. Довбан // Земледелие. – 1994. – С.12-13.

6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 3-е изд. – М.: Колос, 1973. – 333 с.

7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

THE INFLUENCE OF DIFFERENT USAGE OF GREEN MASS OF OIL RADISH, STRAW, MINERAL FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY LEVEL OF CROP ROTATION ON SOD-PODZOLIC LOAM SOIL

V.V. Lapa, V.I. Ulianchik, T.M. Seraya, T.V. Goncharevich, S.N. Kobrinec

Summary

The effect and the aftereffect of plowing crowbars, green manure, crop residues of oil radish and mineral fertilizers on crops pro-inductance unit rotation was studied on the sod-podzolic loam soil.

It was established that leveling 14,8-17,1 kg/ha of dry substance of green mass of oilseed radish and 4,7-5,2 t/ha of straw of winter rye has not provided a positive balance of humus in crop rotation link potatoes, barley, rye. However, a positive role in reducing the loss of straw humus was revealed: when plowing green manure without straw humus content in the three years the average decreased by 0,10%, amid straw – to 0,05-0,07%.

Поступила 13 апреля 2011 г.

УДК 633.11:631.438:631.445.2

ВЫНОС РАДИОНУКЛИДА ^{90}Sr СОРТАМИ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

О.М. Таврыкина, И.М. Богдевич, Ю.В. Путятин
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Авария на ЧАЭС привела к значительному радиоактивному загрязнению практически всех административно-территориальных областей республики Беларусь, и имела самые тяжелые экологические и социально-экономические последствия. Радиоактивное загрязнение продуктов питания человека относится к числу ведущих факторов, от которых зависит возможность благополучного проживания на данных территориях. В отдаленные сроки после катастрофы дозовые нагрузки на население, связанные с аварийным выбросом радионуклидов, обусловлены в значительной степени внутренним облучением за счет потребления сельскохозяйственных продуктов, производимых на загрязненных землях. На территории южных

районов Гомельской и Брестской областей внутреннее облучение составило от 60 до 90% от суммарной дозы [1]. Следует подчеркнуть, что ограничение доз внутреннего облучения часто экономически более эффективно, чем уменьшение дозы внешнего облучения (в расчете затрат на предотвращение коллективной дозы) [2]. Поэтому основные защитные контрмеры в настоящее время направлены на снижение поступления радионуклидов из почвы в продукты питания человека.

В данный момент радионуклиды с коротким периодом полураспада прекратили свое существование, и наибольшую биологическую опасность представляют долгоживущие радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr , характеризующиеся высокой подвижностью в природных средах. В 1999 году были введены Республиканские нормативы содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в основных пищевых продуктах и питьевой воде. Опыт ведения сельскохозяйственного производства на загрязненной территории показывает, что использование агрометеорологических и организационных контрмер позволяет производить продукцию растениеводства и животноводства, соответствующую допустимым уровням по содержанию ^{137}Cs [3-7]. Трудно решается проблема ^{90}Sr . Поступление его в пищевую цепочку удалось снизить за поставарийное время примерно в 2-3 раза, причем в большей мере за счет защитных мер, так как подвижность радиостронция в почве и доступность его растениям не уменьшилась, а чаще имеет тенденцию к повышению. В отличие от ^{137}Cs , находящегося в недоступной для растений необменной (79%) и прочнофиксированной (7%) формах, радионуклид ^{90}Sr , наоборот, содержится в почве в легкодоступной обменной (51%) и водорастворимой (10%) формах [8]. Продолжающиеся процессы разрушения активных частиц в почвах приводят к выщелачиванию из них радионуклида ^{90}Sr в потенциально доступные для растений формы. Это свидетельствует о сохраняющейся опасности радиоактивного загрязнения ^{90}Sr продукции растениеводства, а также пищевых, кормовых и лекарственных дикорастущих растений.

Анализ потоков ^{90}Sr показывает, что основной вклад в формирование потенциальной коллективной дозы вносит зерно. В отдельных регионах, в частности, в Наровлянском районе Гомельской области до 90% зерна, до 80% картофеля и до 50% молока превышали допустимое содержание радионуклида ^{90}Sr [9].

Величина поступления ^{90}Sr в зерно зависит от агрохимических показателей почв. На кислых почвах с низким содержанием элементов питания растений риск получения загрязненного сверх допустимых уровней зерна выше, чем на почвах, хорошо обеспеченных калием и фосфором при оптимальной величине кислотности. Радикальное снижение накопления ^{90}Sr в растениях возможно лишь при интенсивном длительном окультуривании почв, требующем больших капиталовложений.

Вывос радионуклидов сельскохозяйственными растениями во многом зависит и от биологической особенности растений, обусловленной принадлежностью к различным семействам, родам, видам и сортам [10-11]. Яровая и озимая пшеница в Республике Беларусь занимает в последние годы все более значительное место в обеспечении населения продовольственным зерном. Удельный вес посевных площадей зерновых культур достаточно велик и в среднем по республике составляет 39%, пшеница занимает около 6% от площади пашни [12]. В целом, пшеница характеризуется невысокими параметрами накопления радионуклидов, уступая по ^{137}Cs только просу, по ^{90}Sr – просу и ржи. Подбором сортов пшеницы

с наименьшими значениями выноса радиостронция с учетом плотности загрязнения почв возможно добиться получения продукции для использования на продовольственные цели.

Цель исследования – оценка продуктивности и размеров накопления ^{90}Sr сортами озимой и яровой пшеницы для повышения эффективности ведения сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения и пресечения наиболее значимого потока радионуклида для снижения коллективной и индивидуальной доз внутреннего облучения населения.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению выноса радионуклида ^{90}Sr зерновыми культурами проводили в полевых условиях в регионе, непосредственно пострадавшем от выброса на ЧАЭС – в КСУП «Стреличево» Хойникского района Гомельской области. Опыты закладывались в период 2002-2005 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком.

Агрохимическая характеристика почвы пахотного горизонта следующая: содержание гумуса ($0,2 \text{ M K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, по Тюрину) – 1,9%, pH_{KCl} (потенциометрическим методом) – 5,65-5,90, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) ($0,2 \text{ M HCl}$, по Кирсанову) – 188-210 мг/кг и калия (K_2O) – 187-240 мг/кг почвы, обменных форм кальция (Ca) (1 M KCl , по Мазаевой, Неугодовой) – 542-650 мг/кг и Mg – 94-176 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы радионуклидом ^{137}Cs – 250-300 кБк/м², ^{90}Sr – 21-28 кБк/м².

Объектами исследований служили районированные и перспективные сорта озимой пшеницы:

1. Капылянка (Беларусь)
2. Былина (Беларусь)
3. Каравай (Беларусь)
4. Легенда (Беларусь)
5. Центос (Германия)

и яровой пшеницы отечественной и зарубежной селекции:

1. Ростань (Беларусь)
2. Кваттро (Германия)
3. Ману (Финляндия)
4. Банти (Польша)
5. Дарья (Беларусь)
6. Мунк (Германия)

По данным Комитета по сортоиспытанию [13], посевные площади исследуемых нами сортов озимой пшеницы в среднем в 2003-2004 гг. в республике распределились следующим образом (в% от общей площади): Каравай – 22,5%, Капылянка – 20,7%, Былина – 14,3%, Центос – 11,5%, Легенда – 6,4%; сорта яровой пшеницы: Мунк – 29,5%, Банти – 29,1%, Ростань – 4,2%, Дарья – 3,5%, Кваттро – 1,0%.

Агротехника на опытном поле общепринятая для данной зоны. Минеральные удобрения в дозе $N_{90}P_{60}K_{120}$ вносили под все культуры в предпосевную культивацию в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия. Повторность в опытах четырехкратная. Учетная площадь делянки 1,5 м².

Удельную активность ⁹⁰Sr оценивали по дочернему продукту распада ⁹⁰Y после проведения радиохимической очистки от мешающих анализу радионуклидов с последующим измерением на β-радиометре “Прогресс БГ” с пластиковым детектором. Выход носителя иттрия определяли гравиметрическим методом, выход носителя стронция – на атомно-абсорбционном спектрометре. Относительная погрешность измерения составила не более ±15% при доверительной вероятности 0,95.

Урожайность зерна озимой и яровой пшеницы дана в переводе на стандартную влажность – 14%. Сравнение проводилось по отношению к стандартному сорту, являющемуся по результатам сортоиспытательных станций наиболее продуктивным, то есть эталоном, рекомендованным для возделывания. Удельная активность продукции, используемая при расчете суммарного выноса радионуклидов, рассчитана при плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs 370 кБк/м², ⁹⁰Sr – 37 кБк/м². Вынос радионуклидов рассчитывали как произведение удельной активности на урожайность с единицы площади (кБк/га). С радиологической точки зрения применение этого параметра целесообразно для расчетов коллективных доз облучения населения за счет потребления радионуклидсодержащих пищевых продуктов, его использование позволит более полно оценить выбор того или иного сорта на загрязненных территориях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований наименьшая удельная активность ⁹⁰Sr в зерне оказалась у сорта Былина – 25,8 Бк/кг и Центос – 26,4 Бк/кг, стандартный сорт Капылянка накапливал радиостронция больше других сортов – 28,2 Бк/кг (табл. 1). Сорта Былина и Центос, отмеченные наименьшей удельной активностью ⁹⁰Sr, характеризовались при этом наибольшей урожайностью зерна – 6,70 и 6,68 т/га соответственно.

Содержание радионуклида ⁹⁰Sr в побочной продукции сортов озимой пшеницы оказалось немного выше, чем в зерне и составило от 37,1 до 46,9 Бк/кг. Наименьшим содержанием ⁹⁰Sr в соломе характеризовались сорта Былина и Каравай, обеспечив кратность снижения в накоплении радионуклида равную 1,3 и 1,2 раза соответственно (табл. 1).

Содержание радиостронция в зерне сортов яровой пшеницы изменялось в пределах 23,3-36,2 Бк/кг. При анализе накопления радионуклида ⁹⁰Sr в зерне яровой пшеницы в результате трех лет исследований можно выделить сорта Ману и Кваттро, содержащие радионуклида меньше стандарта в 1,1 раза. Самыми продуктивными оказались сорта яровой пшеницы Банти и Мунк с урожайностью 5,51 и 5,09 т/га соответственно.

Содержание радионуклида ⁹⁰Sr в побочной продукции сортов яровой пшеницы в целом было значительно выше, чем в зерне и составило 270-368 Бк/кг. В целом, все сорта накапливали больше стандарта Ростань.

Таблица 1

Урожайность, удельная активность радионуклида ^{90}Sr сортов озимой и яровой пшеницы (плотность загрязнения почвы ^{90}Sr 37 кБк/м²)

Сорт	Урожайность зерна, т/га	Зерно		Солома	
		Удельная активность, Бк/кг	Кратность снижения	Удельная активность, Бк/кг	Кратность снижения
Озимая пшеница					
Капылянка (ст.)	4,47	28,2	1,0	46,9	1,0
Былина	6,70	25,8	1,1	37,1	1,3
Центос (ст.)	6,68	26,4	1,1	40,8	1,1
Легенда	5,47	26,5	1,1	43,4	1,1
Каравай	5,38	27,6	1,0	38,5	1,2
НСР ₀₅	2,81	0,52		1,9	
Яровая пшеница					
Ростань (ст.)	4,78	25,0	1,0	270	1,0
Банти	5,51	36,2	0,7	304	0,9
Мунк	5,09	30,2	0,8	368	0,7
Кваттро	4,87	23,6	1,1	312	0,9
Ману	4,78	23,3	1,1	300	0,9
Дарья	4,43	34,5	0,7	358	0,8
НСР ₀₅	2,24	1,51		11,3	

Результаты наших экспериментов показали, что содержание радионуклида ^{90}Sr в сортах яровой пшеницы по сравнению с озимой было сравнительно выше, особенно это касается побочной продукции. Это можно объяснить биологическими особенностями яровой пшеницы, в частности, меньшей потенциальной продуктивностью и протяженностью вегетационного периода, в результате чего происходит менее сбалансированное по сравнению с озимой пшеницей поступление элементов питания, в том числе и радионуклидов.

Учитывая то, что на продовольственные цели годится зерно с содержанием ^{90}Sr , не превышающим 11 Бк/кг, а в условиях нашего эксперимента озимая и яровая пшеница может быть использована только на фураж для производства цельного молока, представляется целесообразным выявить те земли, где пшеница может возделываться на продовольственные нужды.

Расчеты показали, что продовольственное зерно озимой пшеницы может без ограничений производиться на почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr 14,5-15,7 кБк/м². Возделывание сорта Былина для получения продовольственного зерна возможно при плотности загрязнения почвы на 1,2 кБк/м² более высокой, чем стандартного сорта Капылянка. Ограничения загрязнения почв ^{90}Sr для выращивания на них яровой пшеницы на продовольственные цели составляют 11,2-17,5 кБк/м². Расширить ареал возделывания яровой пшеницы можно, используя сорт Ману, что позволяет получить нормативно чистое зерно при плотности загрязнения в 1,6 раза более высокой, чем при возделывании сорта Мунк. Использование соломы яровой пшеницы в качестве корма возможно на почвах, загрязнение которых не превышает – 19,1-25,3 кБк/м².

Снижение удельной активности ^{90}Sr в растениеводческой продукции продовольственного назначения позволяет сделать вывод об эффективности проведенного защитного мероприятия в отношении индивидуальной дозы облучения. Сравнительная оценка суммарного выноса радионуклидов с частью урожая, идущей на продовольственные цели позволяет оценить эффективность защитного мероприятия с точки зрения снижения коллективной дозы облучения населения. По нашему мнению, сделать объективный вывод, что данная защитная мера является эффективной можно в случае, когда удельная активность радионуклида снижается, а суммарный вынос радионуклида ^{90}Sr с единицы площади не превышает вынос его до проведения контрмеры ($\leq 100\%$).

По результатам нашего эксперимента наименьшим выносом ^{90}Sr с зерном характеризовался стандарт Капылянка – 126 кБк/га, его использование позволит снизить дозовую нагрузку в 1,4 раза по сравнению с сортом Центос (табл. 2).

Таблица 2

**Вынос радионуклида ^{90}Sr сортами озимой и яровой пшеницы
(плотность загрязнения почвы ^{90}Sr 37 кБк/м²)**

Сорт	Зерно		Солома		Суммарный вынос	Кратность снижения
	Вынос, кБк/га	Кратность снижения	Вынос, кБк/га	Кратность снижения		
Озимая пшеница						
Капылянка (ст.)	126	1,0	210	1,0	336	1,0
Былина	173	0,7	249	0,8	422	0,8
Центос (ст.)	176	0,7	273	0,8	449	0,7
Легенда	145	0,9	237	0,9	382	0,9
Каравай	148	0,9	207	1,0	355	0,9
Яровая пшеница						
Ростань (ст.)	120	1,0	1291	1,0	1411	1,0
Банги	199	0,6	1675	0,8	1874	0,8
Мунк	154	0,8	1873	0,7	2027	0,7
Кваттро	115	1,0	1519	0,8	1634	0,9
Ману	111	1,1	1434	0,9	1545	0,9
Дарья	153	0,8	1586	0,8	1739	0,8

Вынос ^{90}Sr с соломой был выше, чем таковой с зерном и составил для сортов озимой пшеницы 207-273 кБк/га. Наименьший вынос радионуклида с побочной продукцией обеспечили сорта Каравай и стандарт Капылянка. По суммарному выносу ^{90}Sr сорта расположились в следующий ряд по убыванию: Центос, Былина, Легенда, Каравай и Капылянка.

Сорта яровой пшеницы Ману и Кваттро характеризовались как наименьшей удельной активностью ^{90}Sr в зерне по сравнению с остальными, так и самым низким выносом радионуклида, который составил 111 и 115 кБк/га соответственно, при уровне урожайности 4,8-4,9 т/га. В целом суммарный вынос сортов яровой пшеницы был достаточно высок за счет вклада выноса ^{90}Sr с соломой и составил по сортам от 1411 кБк/га (Ростань) до 2027 кБк/га (Мунк). Поскольку вынос яв-

ПЛОДОРДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

ляется величиной произведения удельной активности и урожайности, возможны следующие гипотетические ситуации:

- ▶ сорт накапливает небольшое количество радионуклидов, при этом является высокоурожайным, тогда суммарный вынос радионуклидов возрастает за счет вклада урожайности;
- ▶ сорт сильно аккумулирует радионуклиды и высокоурожайный, вынос возрастает за счет обоих множителей;
- ▶ сорт с низкой и удельной активностью и урожайностью, вынос небольшой, однако и эффективность производства такого сорта не будет высокой;
- ▶ сорт с высокой удельной активностью и с низкой урожайностью, наиболее неблагоприятное сочетание.

Случай, если применяется сорт с невысокими параметрами накопления и высокой урожайностью, будет способствовать и минимизации индивидуальной дозы облучения, и эффективному возделыванию сорта. С учетом вышесказанного, у сорта Капылянка соотношение между урожайностью и удельной активностью не самое благоприятное, поскольку низкое значение выноса формируется в основном за счет низкой урожайности, удельная активность при этом самая высокая из всех сортов (табл. 3). Сорта Легенда и Каравай отличились относительно невысоким выносом радионуклида с зерном – 145 и 148 кБк/га, формируемым за счет невысокой удельной активности и урожайности, на 1,0 и 0,9 т/га соответственно превышающей стандарт, поэтому, по-нашему мнению, их возделывание на загрязненных территориях более предпочтительно. У сортов яровой пшеницы Ману и Кваттро значения и удельной активности ^{90}Sr в зерне, и выноса оказались наименьшими.

Таблица 3

Ранжирование сортов озимой и яровой пшеницы в зависимости от продуктивности и накопления радионуклида ^{90}Sr

№	Показатель		
	Урожайность зерна*	Удельная активность, ^{90}Sr	Вынос, ^{90}Sr
Озимая пшеница			
1.	Былина	Былина	Капылянка (стандарт)
2.	Центос (стандарт)	Центос (стандарт)	Легенда
3.	Легенда	Легенда	Каравай
4.	Каравай	Каравай	Былина
5.	Капылянка (стандарт)	Капылянка (стандарт)	Центос (стандарт)
Яровая пшеница			
1.	Банги	Ману	Ману
2.	Мунк	Кваттро	Кваттро
3.	Кваттро	Ростань (стандарт)	Ростань (стандарт)
4.	Ману	Мунк	Дарья
5.	Ростань (стандарт)	Дарья	Мунк
6.	Дарья	Банги	Банги

* Урожайность – ранжирование по убыванию, удельная активность и вынос ^{137}Cs – по возрастанию.

Переход радионуклидов из почвы в растения является результатом действия не только почвенно-химического процесса, но и биологического, связанного с поглощением радионуклидов корневой системой растений из почвенного раствора. Катион $^{90}\text{Sr}^{2+}$ абсорбируется растением посредством транспортных систем его макроаналога Ca^{2+} . Транспорт Ca^{2+} осуществляется преимущественно в апопласте путем свободной диффузии в объеме клеточной стенки, где часть ионов находится в растворе, идентичном внешнему почвенному раствору, а часть связывается фиксированными заряженными центрами в клеточных стенках корневого обменного комплекса [14].

В связи с этим нам представлялось интересным определить и проанализировать вынос кальция в сортах зерновых культур по отношению к выносу радионуклида ^{90}Sr , результаты анализа представлены на рис. 1.

Вынос кальция зерном озимой пшеницы составил по сортам 1,18-1,85 кг/га, сорта Легенда и Капылянка, выносящие наименьшее количество радиостронция, выносили при этом меньше остальных сортов кальций.

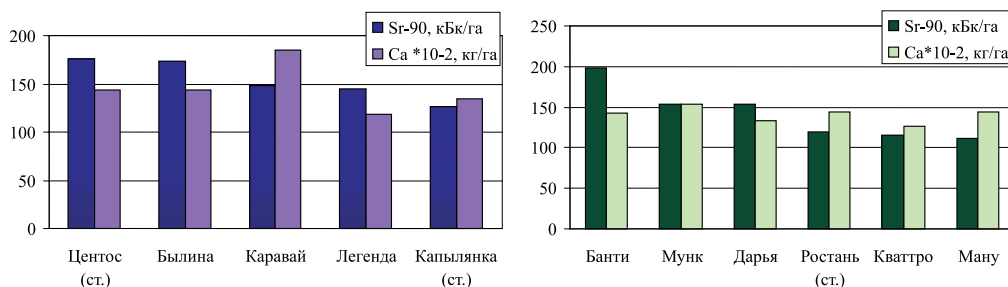


Рис. 1. Вынос радионуклида ^{90}Sr и кальция с зерном сортов озимой и яровой пшеницы

Вынос кальция зерном яровой пшеницы был близок по значениям к озимой и составил по сортам 1,26-1,53 кг/га. У сортов Банти и Мунк вынос кальция, как и вынос радиостронция оказался наибольшим, в то время как Кваттро и Ману характеризовались наименьшим выносом и ^{90}Sr , и кальция.

ВЫВОДЫ

1. Загрязнение сельскохозяйственных территорий радиологически значимым радионуклидом ^{90}Sr , остающимся высокоподвижным в агросфере, определяет необходимость применения защитных контрмер в течение длительного времени после аварии, наименее затратной из которых является подбор сортов с низкими параметрами накопления и выноса радионуклида. Для снижения индивидуальной дозы облучения населения сорта озимой пшеницы Былина и Центос и яровой пшеницы Ману и Кваттро наиболее предпочтительны при возделывании их на загрязненных радионуклидом ^{90}Sr территориях.

2. С точки зрения минимизации коллективной дозы внутреннего облучения населения отмечено снижение выноса ^{90}Sr с зерном при возделывании сорта озимой пшеницы Легенда и сортов яровой пшеницы Ману и Кваттро.

3. Химический анализ зерна показал схожие тенденции поступления кальция и радиостронция сортами озимой и яровой пшеницы. Наименьшими значениями выноса кальция, как и выноса радионуклида ^{90}Sr , характеризовались сорта озимой пшеницы Легенда и Капылянка, и сорта яровой пшеницы Кваттро и Ману.

ЛИТЕРАТУРА

1. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление: нац. доклад // Под редакцией В.Е. Шевчука, В.Л. Гурачевского. – Минск: Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь, 2006. – 112 с.

2. Alexakhin, R.M. Serious Radiation Accidents and the Radioecological Impact on Agriculture / R.M Alexakhin, S.V. Fesenko, N.I. Sanzharova // Radiation Protection Dosimetry. – 1996. – №1-2 – P. 37-42.

3. Агеец, В.Ю. Рекомендации по безопасному проживанию и ведению личного подсобного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории / В.Ю., Агеец [и др.] // Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, РНИУП «Институт радиологии», Гомель, 2003. – 79 с.

4. Богдевич, И.М. Защитные меры в АПК на загрязненных радионуклидами землях / И.М. Богдевич, И.Д. Шмигельская, Ю.В. Путятин // Агрэкологія. – Горки, 2004. – Вып.1. – С. 5-9.

5. Богдевич, И.М. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.] // Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ, Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. – Минск, 2003. – С. 41.

6. Путятин, Ю.В. Влияние калийных удобрений и кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы на урожайность и накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr зерновыми культурами / Ю.В. Путятин, Т.М. Серая, И.А. Добровольская // Агрэхімія. – 2005. – №7. – С. 59-65.

7. Путятин, Ю.В. Влияние различных видов известковых удобрений на переход радионуклидов в растениеводческую продукцию / Ю.В. Путятин, Н.В. Клебанович // Почва-удобрение-плодородие: материалы Междунар. науч.-произв. конф. – Минск, 1997. – С. 200-202.

8. Таврыкина, О.М. Влияние условий минерального питания и сортовой специфичности зерновых культур на урожайность, накопление ^{137}Cs , ^{90}Sr и качество зерна на дерново-подзолистой супесчаной почве: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О.М. Таврыкина. – Минск, 2007. – 200 л.

9. Агеец, В.Ю. Система мер снижения поступления радионуклидов в урожай – основа реабилитации загрязненных территорий Беларуси: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук: 06.01.04 / В.Ю. Агеец; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн., 2001. – 42 с.

10. Юдинцева, Е.В. Агрэхімія радыяактыўных ізатопаў стронцыя і цэзія / Е.В. Юдинцева, И.В. Гулякин. – М.: Атомиздат, 1968. – 472 с.

11. Алексахин, Р.М. Сельскохозяйственная радиозоология / Р.М. Алексахин; под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.

12. Беларусь в цифрах: стат. Справочник; отв. за выпуск Л.Л. Рыбчик. – Мн., 2004. – 96 с.

13. Результаты испытания сортов сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь за 2002-2004 гг. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Комитет по государственному испытанию и охране сортов растений. – Мн., 2004. – Ч.1. – 339 с.

14. Санжарова, Н.И. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н.И. Санжарова [и др.] // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). – 2005. – Т. XLIX. – №3. – С. 26-34.

WHEAT VARIETIES CULTIVATED ON LANDS CONTAMINATED BY RADIONUCLIDES AS CONTRMEASURE IN DECREASING OF REMOVAL ⁹⁰SR

O.M. Tavrykina, I.M. Bogdevich, Yu.V. Putyatin

Summary

The data on crop yield of wheat varieties, of specific activity of ⁹⁰Sr in grain and straw, total removal of radionuclide ⁹⁰Sr and calcium are presented. Estimated data of zoning and potential wheat varieties at its cultivation on lands contaminated by radionuclide ⁹⁰Sr for individual and collective internal irradiation dose decrease is given.

Поступила 18 февраля 2011 г.

УДК 633.112.9:631.8:631.445.2

УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа, О.Г. Кулеш, М.М. Ломонос, М.С. Лопух
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Озимое тритикале является относительно новой для Республики Беларусь зерновой культурой, которая имеет в первую очередь важное кормовое значение. Сорты озимого тритикале, внесенные в государственный реестр, характеризуются высокой продуктивностью, относительно высокой устойчивостью к грибным заболеваниям, хорошей зимостойкостью и меньшей, чем пшеница, требовательностью к плодородию почв [1, 2]. Зерно тритикале содержит белка на 1-1,5% больше, чем пшеница и на 3-4% больше, чем рожь и характеризуется оптимальным соотношением аминокислот, что определяет кормовые достоинства культуры [3].

Не менее значимым является уровень потенциальной продуктивности озимого тритикале достигающего 100 ц/га и более. Таким образом, одним из путей увеличения производства высококачественного кормового зерна является более полное использование потенциала тритикале, в котором сочетается высокая экологическая пластичность ржи с урожайностью и качеством пшеницы. Получение высоких и устойчивых урожаев озимого тритикале невозможно без научно-обоснованной системы удобрения. Доля этого фактора в формировании урожая этой культуры составляет в условиях Беларуси 35-40% и более [4]. В связи с этим целью исследований явилось определение влияния доз и соотношений минеральных удобрений на продуктивность и качество зерна озимого тритикале.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимого тритикале Вольтарио проводились в длительном стационарном полевом опыте в СПК «Щемыслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта: pH_{KCl} – 5,8-6,0, содержание P_2O_5 – 400-420, K_2O – 300-320 мг/кг почвы, гумуса – 1,8-2,0%, индекс агрохимической окультуренности – 0,92.

Озимое тритикале возделывалось на протяжении 2007-2009 гг. в зернотравяном севообороте со следующим чередованием культур: пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу – озимое тритикале с подсевом клевера – клевер луговой 1 г. п. – яровая пшеница – яровой рапс. В опыте предусматривалось изучение возрастающих доз азотных удобрений на фоне различных уровней фосфорного и калийного питания: только за счет почвенных запасов фосфора и калия, на дефицитный и поддерживающий баланс фосфора и калия. Органические удобрения (40 т/га солоमистого навоза КРС) в севообороте вносились под пелюшко-овсяную смесь. Система защиты растений включала фоновую обработку от сорняков и болезней, обработку против полегания растений.

Анализ почвенных и растительных образцов проводился в соответствии с общепринятыми методиками: фосфор и калий – по методу Кирсанова (0,2 М HCl), гумус – по методу Тюрина (0,4 М $K_2Cr_2O_7$); в растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли азот и фосфор фотоколориметрическим методом, калий – методом пламенной фотометрии. Содержание сырого протеина определялось умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25 [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований, проведенных на хорошо окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высоким содержанием фосфора и калия, показали, что за счет почвенного плодородия, в контрольном варианте без внесения удобрений, на фоне применения химической защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, урожайность зерна озимого тритикале в среднем за три года исследований составила 53,8 ц/га (табл. 1).

Эффективным агрохимическим приемом при возделывании озимого тритикале оказалось последствие 40 т/га соломистого навоза КРС, которое обеспечило прибавку урожайности зерна 8,1 ц/га по отношению к контрольному варианту.

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность озимого тритикале Вольтарио на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2007-2009 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка урожайности, ц/га		Окупаемость 1 кг удобрений зерном, кг	
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Ø	N	NPK	N	NPK
Без удобрений	60,6	54,4	46,4	53,8	–	–	–	–
Последствие навоза – фон 1	70,9	62,5	52,1	61,9	–	–	–	–
Фон 1 + N ₃₀	79,6	69,2	54,8	67,9	6,0	–	20,0	–
Фон 1 + N ₆₀	80,9	75,2	59,5	71,9	10,0	–	16,7	–
Фон 1 + N ₉₀	82,0	78,3	63,7	74,7	12,8	–	14,2	–
Фон 1 + N ₆₀ P ₃₀	81,9	76,9	61,4	73,4	–	–	–	–
Фон 1 + N ₆₀ K ₆₀	81,3	77,9	62,9	74,0	–	–	–	–
Послед. навоза + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	77,4	70,1	58,6	68,7	–	6,8	–	7,6
Фон 2 + N ₃₀	82,2	74,9	62,2	73,1	4,4	11,2	14,7	9,3
Фон 2 + N ₆₀	84,6	78,8	66,5	76,6	7,9	14,7	13,2	9,8
Фон 2 + N ₉₀	85,8	83,3	69,3	79,5	10,8	17,6	12,0	9,8
Послед. навоза + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	84,9	77,1	64,3	75,4	–	13,5	–	7,5
Фон 3 + N ₃₀	87,7	84,0	69,5	80,4	5,0	18,5	16,7	8,8
Фон 3 + N ₆₀	88,4	90,2	73,5	84,0	8,6	22,1	14,3	9,2
Фон 3 + N ₉₀	90,2	95,5	74,6	86,8	11,4	24,9	12,7	9,2
Фон 3 + N ₆₀₊₃₀	89,0	99,1	78,8	89,0	13,6	27,1	15,1	10,0
Фон 3 + N ₉₀₊₃₀	92,9	103,9	82,6	93,1	17,7	31,2	14,8	10,4
НСР _{0,05}	2,3	3,0	3,0	2,3				

Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах P₃₀K₆₀ на фоне последствия 40 т/га органических удобрений при высокой обеспеченности почвы фосфором и калием, достоверно увеличивало урожайность зерна озимого тритикале на 6,8 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 7,6 кг зерна. Увеличение доз фосфора и калия до P₆₀K₁₂₀ также было эффективным и обеспечило дополнительный сбор зерна 6,7 ц/га, по сравнению с вариантом последствия органических удобрений и внесения P₃₀K₆₀, при окупаемости 1 кг NPK 7,5 кг зерна.

Наибольшее влияние на урожайность зерна озимого тритикале оказало внесение возрастающих доз азотных удобрений. Прибавка урожайности от внесения азотных удобрений в среднем за три года составила от 4,4 до 17,7 ц/га.

При этом следует отметить, что эффективность эквивалентных доз азотных удобрений была примерно одинаковой на всех изучаемых агрохимических фонах: без внесения фосфорных и калийных удобрений и на фонах P₃₀K₆₀ и P₆₀K₁₂₀. Прибавка урожайности зерна от внесения 90 кг/га д.в. азота на фоне

последствия навоза составила 12,8 ц/га, на фоне $P_{30}K_{60}$ – 10,8 ц/га, на фоне $P_{60}K_{120}$ – 11,4 ц/га.

Максимальная урожайность зерна озимого тритикале, в среднем за три года исследований (93,1 ц/га), получена в варианте с дробным внесением N_{120} (N_{90} во время возобновления весенней вегетации + N_{30} в стадию первого узла) на фоне предпосевного внесения $P_{60}K_{120}$ и последствий 40 т/га солоमистого навоза КРС. Прибавка от внесения азотных удобрений в данном варианте составила 17,7 ц/га, от полного минерального удобрения – 31,2 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 10,4 кг зерна. Этот вариант следует признать наиболее эффективным вариантом системы удобрения озимого тритикале. В формировании урожайности зерна в данном варианте доля почвенного плодородия составила 57,8%, азотных удобрений – 19%. Доля фосфорных и калийных удобрений – 14,5%, а последствия органических удобрений – 8,7%.

Вместе с тем, значимым фактором, лимитирующим продуктивность озимого тритикале являются погодные условия. В наших исследованиях метеорологические условия обусловили изменения урожайности зерна по годам, которая в 2007 г. составила 60,6-92,9 ц/га, в 2008 – 54,4-103,9 ц/га, а в 2009 г. – 46,4-82,6 ц/га.

Погодные условия 2007 и 2008 годов были в целом благоприятные для возделывания озимого тритикале. Температура воздуха в течение вегетации немного превышала среднеголетние показатели, за исключением мая 2008 года, который был холоднее на 1,3°C. Сумма атмосферных осадков за вегетационный период в 2007 г. составила 290 мм, в 2008. – 330 мм, что несколько ниже среднеголетнего показателя (398 мм). Однако довольно равномерное выпадение осадков в течение вегетации благоприятствовало формированию высокого урожая тритикале. Начало вегетации 2009 г. характеризовалось засушливыми условиями. В апреле и первой декаде мая выпало всего 8 мм осадков при этом температура воздуха превышала среднеголетнюю на 5°C в начале апреля и 2,5°C в первой декаде мая. Все это повлияло на закладку и развитие вегетативных органов растений. Во время налива и созревания зерна осадки в 2 раза превысили среднеголетний показатель, что привело к полеганию растений, а также к «стеканию» зерна озимого тритикале, что в итоге снизило продуктивность данной культуры.

Эффективность минеральных удобрений, и в первую очередь азотных, также зависела от погодных условий вегетационного периода. Так в 2007 г. наблюдалась практически равнозначная эффективность различных доз азотных удобрений. Прибавка урожая от максимальной изучаемой дозы удобрений $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ в этом году была самой низкой по сравнению с другими годами исследований и составила 32,3 ц/га. В 2008 году эффективность удобрений была выше. Прибавка урожая от дозы удобрений $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ составила 49,5 ц/га. В 2009 г. при более низкой урожайности, чем в 2007 прибавка от той же дозы удобрений была выше и составила 36,2 ц/га. Погодные условия явились основным фактором, определившим большую эффективность дробного внесения 90 кг/га д. в. азота в 2008 и 2009 годах по сравнению с разовым внесением той же дозы этих удобрений. Прибавка от дробного внесения 90 кг д. в. азота по сравнению с разовым в 2008 г. составила 3,6 ц/га, в 2009 – 4,2 ц/га. В 2007 году наблюдалась тенденция снижения урожайности при дробном внесении азотных удобрений на 1,2 ц/га, что, по-нашему мнению, связано с достаточно равномерным выпадением осадков в течение периода вегетации и лучшим использованием почвенного азота.

При возделывании озимого тритикале, наряду с урожайностью, большое значение имеет качество зерна. К важным показателям качества зерна относятся содержание белка, аминокислотный состав зерна, масса 1000 зерен.

Белковость зерна тритикале зависела как от метеорологических условий вегетационного периода, так и от применяемой системы удобрения (табл. 2).

В среднем за три года исследований содержание белка в зерне озимого тритикале Вольтарио было на уровне 10,7-12,5%. При этом наблюдались значительные изменения этого показателя по годам исследований, обусловленные погодными условиями. Практически полное отсутствие осадков в апреле и первой декаде мая благоприятно повлияло на накопление белка в зерне озимого тритикале в 2009 г. Именно этот год был отмечен самым высоким по годам исследований содержанием белка в зерне – 12,2-13,6%. В то время как достаточная влагообеспеченность вегетационного периода 2007 г. негативно отразилась на содержании белка в зерне, составившего всего 9,3-11,8%. Недостаточное выпадение осадков привело к формированию более щуплого зерна с низкой массой 1000 зерен. Как известно, содержание белка всегда выше в менее выполненном зерне [6].

Таблица 2

Влияние систем удобрения на качество зерна озимого тритикале Вольтарио (2007-2009 гг.)

Вариант	Сырой белок, %				Сбор сырого белка, ц/га				Масса 1000 зерен, г			
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Ø	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Ø	2007 г.	2008 г.	2009 г.	Ø
Без удобрений	9,3	10,7	12,2	10,7	4,8	5,0	4,9	4,9	47,1	46,8	41,7	45,2
Послед. навоза – фон 1	9,7	10,9	11,7	10,7	5,9	5,9	5,2	5,7	48,5	48,3	44,6	47,1
Фон 1 + N ₃₀	10,0	12,0	12,2	11,4	6,9	7,1	5,7	6,6	47,4	48,4	44,8	46,9
Фон 1 + N ₆₀	10,6	12,2	12,4	11,7	7,4	7,9	6,3	7,2	47,7	46,3	43,8	45,9
Фон 1 + N ₉₀	10,9	12,5	13,0	12,1	7,7	8,4	7,1	7,7	47,2	46,2	43,4	45,6
Фон 1 + N ₆₀ P ₃₀	10,5	12,0	12,9	11,8	7,4	8,0	6,8	7,4	47,6	45,8	43,4	45,6
Фон 1 + N ₆₀ K ₆₀	10,6	12,0	12,5	11,7	7,4	8,0	6,8	7,4	47,4	46,1	44,3	45,9
Навоз + P₃₀ K₆₀ – фон 2	9,7	11,5	11,9	11,0	6,5	6,9	6,0	6,5	49,4	46,2	44,6	46,6
Фон 2 + N ₃₀	10,2	11,6	12,3	11,4	7,2	7,5	6,6	7,1	48,3	46,9	44,5	46,5
Фон 2 + N ₆₀	10,8	12,0	12,8	11,9	7,9	8,1	7,3	7,8	47,9	46,6	42,4	45,7
Фон 2 + N ₉₀	11,2	12,1	13,6	12,3	8,3	8,7	8,1	8,4	47,3	46,9	41,2	45,2
Навоз + P₆₀ K₁₂₀ – фон 3	9,7	11,4	13,0	11,4	7,1	7,6	7,2	7,3	48,4	47,7	43,1	46,4
Фон 3 + N ₃₀	10,7	11,8	12,7	11,7	8,0	8,5	7,6	8,0	47,9	46,5	42,5	45,6
Фон 3 + N ₆₀	10,9	12,0	12,7	11,9	8,3	9,3	8,0	8,5	47,6	46,4	41,9	45,3
Фон 3 + N ₉₀	11,5	12,1	13,4	12,3	8,9	9,9	8,6	9,1	47,4	46,3	41,4	45,0
Фон 3 + N ₆₀₊₃₀	11,8	12,1	13,4	12,4	9,0	10,3	9,1	9,5	47,4	46,2	40,4	44,7
Фон 3 + N ₉₀₊₃₀	11,8	12,2	13,6	12,5	9,4	10,9	9,7	10,0	47,3	46,0	39,1	44,1
НСР _{0,05}	0,4	0,2	0,5	0,2	0,3	0,3	0,5	0,2	0,7	0,7	1,0	0,5

Внесение азотных удобрений, в среднем за годы исследований, повышало белковость зерна на 0,3-1,4%. Применение весной в начале возобновления ве-

гетации 30 кг/га д.в. азота увеличивало содержание сырого белка в зависимости от фона на 0,3-0,7%, 60 кг/га д.в. азота – на 0,5-1,0%, 90 кг/га д.в. азота – на 0,9-1,4%. Необходимо отметить, что влияние азотных удобрений на накопление белка на фоне последействия навоза КРС было больше, чем на фосфорно-калийных фонах. Содержание белка при применении азотных удобрений, по отношению к фонам, увеличивалось: на фоне последействия навоза на 0,7-1,4%, на фоне $P_{30}K_{60}$ – на 0,4-1,3%, на фоне $P_{60}K_{120}$ – на 0,3-0,8%. Дробное и разовое внесение N_{90} обеспечивало практически равнозначное влияние на содержание белка в зерне озимого тритикале, однако за счет более высокой урожайности в варианте с дробным внесением 90 кг/га д.в. азота получен более высокий сбор сырого белка – 9,5 ц/га.

В среднем за три года исследований сбор белка с 1 га составил 4,9-10,0 ц/га. Более высокий показатель по годам исследований отмечен в 2008 году (5,0-10,9 ц/га), что было обусловлено более высокой урожайностью зерна озимого тритикале в этом году. Максимальный сбор сырого белка отмечен в варианте с дробным внесением 120 кг/га д.в. азота на фоне $P_{60}K_{120}$ и составил в среднем за годы исследований 10 ц/га, при содержании сырого белка 12,5%.

Азотные удобрения оказали влияние и на крупность зерна. Увеличение доз азотных удобрений приводило к снижению массы 1000 зерен. Если в фоновом варианте с изучением последействия 40 т/га навоза КРС масса 1000 зерен в среднем за три года исследований составила 47,1 г, то при внесении 30 кг/га д.в. азота на этом же фоне она снижалась на 0,2 г 60 кг/га д.в. азота – на 1,2 г, 90 кг/га д.в. – на 1,5 г. В варианте с внесением максимальной дозы удобрений ($N_{90+30}P_{60}K_{120}$) выполненность зерна в среднем за три года исследований была минимальной – 44,1 г.

Значительное влияние на массу 1000 зерен оказали погодные условия. В 2007 году они способствовали формированию более крупного зерна по сравнению с другими годами исследований (47,1-49,4 г), при этом внесение минеральных удобрений приводило к повышению крупности 1000 зерен на 0,2-2,3 г. 2008 год, отмеченный получением наиболее высокого урожая, для формирования массы зерна был менее благоприятный (46,0-48,4 г). 2009 год характеризовался самым низким показателем крупности зерен – 39,1-44,8 г, в этом же году была отмечена наибольшая разница в массе 1000 зерен между вариантами – 5,7 г.

На аминокислотный состав зерна озимого тритикале Вольтарио оказало влияние количество и соотношение внесившихся удобрений. При этом значимость этих факторов в изменении содержания отдельных аминокислот была неодинаковой (табл. 3).

Сумма незаменимых аминокислот изменялась от 21,77 г/кг зерна в контрольном варианте до 25,96 г/кг зерна в варианте с максимальной дозой удобрений. Сумма критических аминокислот (треонин + метионин + лизин) в варианте без использования удобрений составила 5,90 г/кг зерна, в варианте с применением $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ – 7,08 г/кг зерна.

Наиболее существенное влияние на содержание аминокислот оказали азотные удобрения. На фоне последействия органических удобрений и применения $P_{60}K_{120}$ при увеличении дозы азота с 60 до 90 кг/га д.в. сумма незаменимых аминокислот возрастала на 1,26 г/кг зерна, сумма критических аминокислот – на 0,63 г/кг зерна. Дальнейшее увеличение дозы азота (до 120 кг/га д.в.) увеличивало сумму

незаменимых аминокислот на 0,22 г/кг зерна, сумму критических аминокислот – на 0,03 г/кг зерна.

Таблица 3

Влияние систем удобрения на аминокислотный состав зерна озимого тритикале Вольтаро, г/кг зерна (2007-2009 гг.)

Вариант	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Сумма незаменимых аминокислот	Сумма критических аминокислот
Без удобрений	2,19	4,04	1,25	3,63	2,90	5,30	2,46	21,77	5,90
Последствие навоза – фон 1	2,15	4,03	1,28	3,72	2,92	5,40	2,41	21,91	5,84
Фон 1 + N ₆₀	2,18	4,01	1,24	3,84	3,02	5,37	2,51	22,17	5,93
Фон 1 + N ₆₀ P ₃₀	2,34	4,45	1,38	4,22	3,33	5,93	2,60	24,25	6,32
Фон 1 + N ₆₀ K ₆₀	2,25	4,15	1,36	3,93	3,10	5,62	2,86	23,27	6,47
Послед. навоза + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	2,37	4,23	1,32	3,96	3,06	5,63	2,51	23,08	6,20
Фон 2 + N ₆₀	2,50	4,43	1,43	4,03	3,21	5,94	2,86	24,40	6,79
Послед. навоза + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	2,40	4,20	1,33	3,75	2,96	5,59	2,80	23,03	6,53
Фон 3 + N ₆₀	2,46	4,55	1,34	4,35	3,15	6,01	2,62	24,48	6,42
Фон 3 + N ₆₀₊₃₀	2,58	4,62	1,56	4,40	3,45	6,22	2,91	25,74	7,05
Фон 3 + N ₉₀₊₃₀	2,51	4,62	1,64	4,51	3,49	6,26	2,93	25,96	7,08

Фосфорные и калийные удобрения в меньшей степени влияли на содержание аминокислот в зерне озимого тритикале. Сумма критических аминокислот увеличилась в варианте с внесением P₃₀ K₆₀ на 0,36 г/кг зерна в сравнении с фоном 1. При дальнейшем повышении дозы удобрений до P₆₀ K₁₂₀ этот показатель увеличился еще на 0,33 г/кг зерна.

Сумма незаменимых аминокислот увеличилась при внесении фосфорно-калийных удобрений в дозе P₃₀ K₆₀ на 1,17 г/кг зерна по сравнению с вариантом с последствием органических удобрений, но при применении P₆₀ K₁₂₀ отмечалась тенденция к снижению суммы незаменимых аминокислот, в сравнении с внесением P₃₀ K₆₀ на 0,05 г/кг зерна. В оптимальном по урожайности варианте с применением N₉₀₊₃₀ P₆₀ K₁₂₀ сумма незаменимых аминокислот составила 25,96 г/кг зерна, сумма критических аминокислот – 7,08 г/кг зерна.

Одним из показателей качества зерна является содержание в нем элементов минерального питания (табл. 4).

За годы проведения исследований содержание основных элементов питания в зерне озимого тритикале изменялось в различных пределах. Больше всего изменялось содержание азота в зерне и соломе. Основным фактором, повлиявшим на содержание этого элемента в основной и побочной продукции, явилось применение азотных удобрений. Наименьшее содержание азота было в варианте без использования удобрений – 1,72%. Внесение азотных удобрений на фоне действия 40 т/га соломистого навоза в дозе N₃₀ привело к повышению содержания азота в зерне на 0,10%, в дозе N₆₀ – на 0,15%, в дозе N₉₀ на – 0,22% по отношению

ПЛОДОРДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

к фону. Эффективность азотных удобрений на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений была несколько ниже.

Таблица 4

Влияние удобрений на содержание основных элементов питания в зерне и соломе озимого тритикале Вольтарио на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, % в сухом веществе (2007-2009 гг.)

Вариант	Содержание элементов питания, % в сухом веществе									
	Зерно					Солома				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	1,72	0,89	0,59	0,04	0,16	0,30	0,27	1,27	0,17	0,11
Последствие навоза – фон 1	1,72	0,90	0,58	0,04	0,16	0,34	0,28	1,51	0,18	0,10
Фон 1 + N ₃₀	1,82	0,90	0,61	0,05	0,16	0,37	0,29	1,67	0,19	0,10
Фон 1 + N ₆₀	1,87	0,90	0,61	0,05	0,16	0,38	0,30	1,71	0,18	0,09
Фон 1 + N ₉₀	1,94	0,92	0,63	0,05	0,16	0,39	0,29	1,72	0,18	0,09
Фон 1 + N ₆₀ P ₃₀	1,89	0,91	0,63	0,05	0,16	0,39	0,31	1,73	0,18	0,09
Фон 1 + N ₆₀ K ₆₀	1,87	0,91	0,65	0,05	0,16	0,38	0,26	1,85	0,19	0,10
Послед. навоза + P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	1,77	0,91	0,61	0,04	0,16	0,30	0,28	1,85	0,19	0,10
Фон 2 + N ₃₀	1,82	0,91	0,63	0,04	0,16	0,34	0,29	1,94	0,19	0,10
Фон 2 + N ₆₀	1,90	0,92	0,63	0,05	0,16	0,38	0,28	1,98	0,19	0,10
Фон 2 + N ₉₀	1,97	0,93	0,65	0,05	0,17	0,38	0,29	1,98	0,19	0,09
Послед. навоза + P ₆₀ K ₁₂₀ – фон 3	1,82	0,90	0,60	0,05	0,16	0,31	0,28	2,06	0,19	0,10
Фон 3 + N ₃₀	1,88	0,91	0,61	0,05	0,16	0,31	0,29	2,08	0,19	0,10
Фон 3 + N ₆₀	1,90	0,93	0,63	0,05	0,17	0,36	0,29	2,18	0,20	0,09
Фон 3 + N ₉₀	1,97	0,92	0,66	0,05	0,17	0,38	0,31	2,23	0,19	0,09
Фон 3 + N ₆₀₊₃₀	1,98	0,92	0,66	0,05	0,16	0,38	0,31	2,22	0,20	0,09
Фон 3 + N ₉₀₊₃₀	2,01	0,94	0,66	0,05	0,17	0,41	0,30	2,15	0,20	0,10
НСР _{0,05}	0,04	0,04	0,04	0,01	0,02	0,04	0,04	0,17	0,02	0,01

Применение фосфорных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высоким содержанием фосфора не приводило к существенному повышению содержания этого элемента в зерне и соломе. Его содержание изменялось в незначительных пределах и составило в зерне 0,89-0,94%, в соломе – 0,27-0,31%.

Внесение калийных удобрений практически не влияло на содержание калия в зерне озимого тритикале. В то время как повышение дозы азотных удобрений до 90 кг д.в. азота и выше на всех трех фонах достоверно увеличивало содержание калия в зерне на 0,04-0,06%. На содержание калия в соломе оказали большее влияние дозы калийных удобрений. Если в варианте с последствием 40 т/га соломистого навоза КРС содержание калия в соломе составило в среднем за три года исследований 1,51%, то в варианте с внесением 60 кг/га д.в. калия его содержание повысилось на 0,34%, а в варианте с внесением 120 кг/га д.в. – на 0,21%.

Содержание кальция и магния в зерне и соломе озимого тритикале характеризовалось постоянством и не зависело от применяемой системы удобрения и погодных условий.

В оптимальном по урожайности варианте с применением $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ содержание основных элементов питания в зерне составило: азота – 2,01%, фосфора – 0,94, калия – 0,66, кальция – 0,05 и магния – 0,17%, а в соломе: азота – 0,41%, фосфора – 0,30, калия – 2,15, кальция – 0,20 и магния – 0,10%.

Содержание элементов питания в растениях является довольно изменчивым показателем, который определяется рядом факторов (погодными условиями, обеспеченностью почвы элементами питания и т.п.). Поэтому наиболее объективным показателем эффективности применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры является величина хозяйственного и удельного выноса элементов минерального питания.

Исследованиями установлено, что растения озимого тритикале накапливают в больших количествах калий и азот, затем фосфор, магний и кальций (табл. 5). За годы проведения исследований общий вынос калия озимым тритикале составил 75,4-211,5 кг/га, азота – 90,4-190,4, фосфора – 51,3-96,9, магния – 11,6-21,4 и кальция – 8,8-18,7 кг/га. Показатель общего выноса находился в прямой зависимости от содержания элементов питания в основной и побочной продукции и продуктивности озимого тритикале. В оптимальном по продуктивности варианте общий вынос азота озимым тритикале составил 190,4 кг/га, калия – 211,5, фосфора – 96,9, магния – 21,4 и кальция – 18,7 кг/га.

Таблица 5

Влияние удобрений на вынос основных элементов питания озимым тритикале Вольгарио на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2007-2009 гг.)

Вариант	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	90,4	51,3	75,4	8,8	11,6	17,0	9,6	14,3	1,6	2,2
Последствие навоза – фон 1	106,1	60,2	96,9	10,2	13,1	17,2	9,8	15,9	1,7	2,1
Фон 1 + N ₃₀	123,1	66,1	113,2	11,8	14,2	18,3	9,8	17,1	1,8	2,1
Фон 1 + N ₆₀	135,3	70,3	125,1	12,5	14,8	18,9	9,9	17,7	1,7	2,1
Фон 1 + N ₉₀	146,1	74,5	136,7	13,3	15,7	19,6	10,1	18,6	1,8	2,1
Фон 1 + N ₆₀ P ₃₀	139,1	73,4	128,3	12,6	15,1	19,1	10,1	17,8	1,7	2,1
Фон 1 + N ₆₀ K ₆₀	138,9	71,5	137,9	13,1	15,7	18,8	9,7	18,8	1,8	2,1
Послед. навоза + P₃₀K₆₀ – фон 2	118,3	67,1	125,3	11,8	14,7	17,3	9,8	18,4	1,7	2,1
Фон 2 + N ₃₀	132,2	72,1	139,6	13,0	15,6	18,2	9,9	19,4	1,8	2,1
Фон 2 + N ₆₀	146,1	76,2	151,9	13,7	16,2	19,2	10,0	20,1	1,8	2,1
Фон 2 + N ₉₀	156,6	80,3	161,2	14,8	17,0	19,8	10,2	20,5	1,9	2,1
Послед навоза + P₆₀K₁₂₀ – фон 3	134,2	73,6	151,4	13,4	16,2	18,0	9,8	20,5	1,8	2,2
Фон 3 + N ₃₀	148,2	80,2	166,1	14,9	17,1	18,5	10,0	21,0	1,9	2,1
Фон 3 + N ₆₀	160,1	85,8	186,4	16,3	18,3	19,1	10,2	22,5	2,0	2,2
Фон 3 + N ₉₀	172,0	89,3	198,8	17,0	18,9	19,9	10,3	23,3	2,0	2,2
Фон 3 + N ₆₀₊₃₀	177,3	91,3	203,0	17,8	19,1	20,0	10,3	23,1	2,0	2,1
Фон 3 + N ₉₀₊₃₀	190,4	96,9	211,5	18,7	21,4	20,5	10,4	22,9	2,0	2,3
НСР _{0,05}	4,1	3,2	7,8	1,1	0,8	0,4	0,4	0,9	0,1	0,1

Более стабильным показателем выноса питательных элементов является удельный вынос с одной тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции. В наших исследованиях значения данного показателя за годы проведения исследований составили: азота – 17,0-20,5 кг, фосфора – 9,6-10,4, калия – 14,3-22,9, кальция – 1,6-2,0 и магния – 2,1-2,3 кг.

В варианте с последствием 40 т/га солоमистого навоза с одной тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции выносятся 17,2 кг азота, 15,9 кг – калия, 9,8 фосфора, 2,1 – кг магния и 1,7 кг – кальция. Улучшение обеспеченности растений озимого тритикале элементами питания приводило к увеличению отчуждения их с урожаем. Внесение 120 кг/га д.в. калия повысило удельный вынос этого элемента на 2,1 кг по сравнению с применением 60 кг/га д.в. калия. Применение азотных удобрений значительно увеличивало удельный вынос азота по отношению к фонам. Также при внесении 90 и более кг/га д.в. азота на фосфорно-калийных фонах достоверно повышался вынос фосфора на 0,4-0,6 кг/т. Вынос калия увеличивался на фоне последствия органических удобрений и на фоне внесения $P_{30}K_{60}$ уже при применении 30 кг/га д.в. азота, на фоне применения $P_{60}K_{120}$ при внесении 60 и более кг/га д.в. азота. Влияние доз фосфорных удобрений на вынос фосфора не наблюдалось.

В варианте с применением максимальной дозы удобрений, где была получена максимальная урожайность зерна, удельный вынос азота составил – 20,5 кг/т, фосфора – 10,4, калия – 22,9, кальция – 2,0, магния – 2,3 кг/т. Необходимо отметить, что в этом варианте удельный вынос азота ниже нормативного, используемого в настоящее время в агрохимических исследованиях, на 5,5 кг, фосфора – на 1,1 кг, кальция – на 2,2 кг, магния – на 0,7 кг и только удельный вынос калия выше на 1,9 кг. Этот фактор необходимо учитывать при расчете доз минеральных удобрений при планировании высокой урожайности зерна – 90 и выше центнеров с гектара.

ВЫВОДЫ

1. При возделывании озимого тритикале Вольтарио на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наиболее эффективным было внесение фосфорных и калийных удобрений ($P_{60}K_{120}$) осенью под предпосевную культивацию и подкормки азотом (N_{90} во время возобновления весенней вегетации и N_{30} в стадию первого узла) на фоне последствия 40 т/га навоза КРС, что обеспечило получение 93,1 ц/га зерна при прибавке от внесения азотного и полного минерального удобрения 17,7 и 31,2 ц/га соответственно и при окупаемости 1 кг NPK 10,4 кг зерна.

2. На качество зерна озимого тритикале наибольшее влияние оказали погодные условия периода вегетации (выпадение осадков) и азотные удобрения. В варианте с применением N_{90+30} на фоне $P_{60}K_{120}$ и последствия 40 т/га навоза КРС содержание сырого белка (12,5%) и его сбор (10 ц/га) были максимальными, сумма незаменимых аминокислот составила 25,96 г/кг зерна, критических – 7,08 г/кг зерна.

3. Вынос основных элементов питания находился в прямой зависимости от продуктивности озимого тритикале. В оптимальном по продуктивности варианте

общий вынос азота составил 190,4 кг/га, калия – 211,5, фосфора – 96,9, магния – 21,4 и кальция – 18,7 кг/га. Удельный вынос азота с одной тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции в этом варианте составил – 20,5 кг, фосфора – 10,4, калия – 22,9, кальция – 2,0, магния – 2,3 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордей, И.А. Тритикале / И.А. Гордей. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – 287 с.
2. Гриб, С.И. Основные элементы технологии возделывания озимого тритикале / С.И. Гриб, В.Н. Буштевич, Т.М. Булавина // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сборник науч. материалов, 2-е издание, доп. и перераб. / РУП « Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 116-128.
3. Павловская, Е.А. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество озимой тритикале / Е.А. Павловская, А.А. Пугач, И.В. Комаровский // Актуальные проблемы агрономии и пути их решения: материалы Международной научно-практической конференции. / Гл. ред. А. Р. Цыганов. – Горки: БГСХА, 2005. – Вып. 1: Биологические основы адаптивного растениеводства. Ч. 1. – С. 272-275.
4. Булавина, Т.М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси / Т.М. Булавина. – Минск: ИВЦ «Минфина», 2005. – 224 с.
5. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1998. – 270 с.
6. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур: монография / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 276 с.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF WINTER TRITICALE DEPENDING ON FERTILIZATION SYSTEMS ON SOD-PODSOLIC LOAMY SAND SOILS

V.V. Lapa, O.G. Kulesh, M.M. Lomonos, M.S. Lopuh

Summary

The results of studies on the effect of different fertilization systems on yield and grain quality of winter triticale. It was established that the introduction of phosphate and potash fertilizers ($P_{60} K_{120}$) fall under presowing cultivation and fertilization with nitrogen (N_{90} during a renewable-set spring vegetation and N_{30} in the first node stage) during the aftereffect of 40 t/ha of cattle manure was the most effective system of fertilization of winter triticale, ensured that the 93,1 kg/ha of grain quality with a crude protein content 12,5% and its collection of 10 c/ha, the amount of essential amino acids – 25.96 g/kg, critical – 7,08 g/kg.

Поступила 28 марта 2011 г.

СОСТАВ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ УРОЖАЕМ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ФОСФОРОМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

В.А. Микулич

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Среди продуктов растительного происхождения основным источником белка, потребляемого населением, являются зерновые культуры. Недостаток благоприятных предшественников в осенний период для посева озимой пшеницы в оптимальные сроки, меньшие затраты на средства защиты растений, широкий спектр районированных сортов способствовало увеличению посевных площадей яровой пшеницы.

В последние годы в республике наметилась положительная тенденция к росту урожайности зерновых культур. Кроме того, яровая пшеница дает зерно более высокого качества и является страховой на случай пересева погибших зерновых. В ее зерне содержатся практически все вещества, необходимые для нормального развития организма. От содержания и сбалансированности элементов питания в зерне непосредственно зависит и ее качество (содержание белка и клейковины в зерне).

Решающая роль в комплексе мероприятий по повышению урожайности и качественных показателей зерна яровой пшеницы принадлежит оптимизации минерального питания – основному фактору агрохимической интенсификации производства зерна и повышения плодородия почвы.

Обеспеченность почв подвижными формами фосфатов является важным диагностическим показателем плодородия почв и используется для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур, определения необходимых доз удобрений, планирования и проведения защитных мероприятий на загрязненных радионуклидами землях для получения нормативно чистой продукции.

Важным показателем оценки эффективности совместного действия минеральных удобрений и почвенных фосфатов при возделывании яровой пшеницы является содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции. Биологические особенности культур определяют их химический состав [1, 2, 3]. В то же время один и тот же вид растений, произрастающий при неодинаковых почвенных условиях, поглощает питательные элементы в разных количествах и соотношениях [4, 5].

Кроме того, содержание элементов питания в основной и побочной продукции используют для определения хозяйственного и удельного выноса элементов, показатели которых применяют для расчета баланса элементов питания и доз удобрений. При использовании соломы в качестве удобрения содержание в ней основных элементов питания позволяет скорректировать планируемые дозы удобрений [6]. В научной литературе встречается очень мало данных о влиянии уровней содержания подвижных фосфатов в почвах на химический состав

и вынос элементов питания с урожаем, что обуславливает актуальность данных исследований. В условиях производства содержание подвижных форм фосфора в дерново-подзолистых почвах Гомельской области по полям и участкам различаются от 50 до 500 мг/кг [7].

Целью настоящей работы являлось установление зависимости состава и выноса элементов питания урожаем яровой пшеницы от уровней содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой супесчаной почве. В статье также приводятся результаты действия возрастающих доз минеральных удобрений на вынос элементов питания урожаем пшеницы на различных уровнях обеспеченности фосфором дерново-подзолистой супесчаной почвы. Влияние удобрений на урожайность, содержание и аминокислотный состав белка зерна яровой пшеницы, а также накопление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции, при различном содержании в почве подвижных фосфатов рассмотрены в предыдущих публикациях [8-10].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2005-2007 гг. в полевом стационарном опыте в э/б «Стреличево» Хойникского района Гомельской области на дерново-подзолистой супесчаной почве изучали влияние минеральных удобрений и возрастающей обеспеченности почвы подвижными фосфатами на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Почва пахотного горизонта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 2,2%, pH KCl – 6,2, содержание подвижных соединений калия (по Кирсанову) K_2O – 220 мг/кг, обменных соединений Ca и Mg (по Мазаевой, Неугодовой) – 863 и 262 мг/кг почвы соответственно. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs – 408 кБк/м², ^{90}Sr – 40 кБк/м².

С целью изучения влияния обеспеченности почвы фосфатами на урожайность и качественные показатели зерна яровой пшеницы опыт включает 4 уровня содержания P_2O_5 : I – (67-72); II – (110-124); III – (189-211) и IV – (388-398) мг P_2O_5 на кг почвы.

Опыт развернут в двух полях. На каждом из уровней было по 9 вариантов внесения удобрений:

1. Контроль; 2. $\text{P}_{60} \text{K}_{120}$; 3. $\text{N}_{60+30} \text{K}_{90}$; 4. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60}$; 5. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{90}$;
6. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{120}$; 7. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{180}$; 8. $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{120}$; 9. $\text{N}_{60+30+20} \text{P}_{60} \text{K}_{120}$

Для количественной оценки действия возрастающих доз азотных удобрений при различной обеспеченности почвы фосфатами включены варианты: без N, N_{60} , N_{90} и N_{110} на фоне $\text{P}_{60} \text{K}_{120}$ (в двух последних вариантах – внесение азотных удобрений дробное). Схема опыта также позволяет оценить влияние возрастающих доз калийных удобрений (K_{90} , K_{120} , K_{180}) на исследуемые качественные показатели зерна при различной обеспеченности почвы подвижным фосфором. Варианты $\text{N}_{60+30} \text{K}_{90}$ и $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{90}$ предполагают изучение эффективности применения фосфорных удобрений при разных уровнях содержания фосфатов в почве.

Яровая пшеница Рассвет, характеризующаяся высокими показателями урожайности и качества зерна, высевалась после зернобобовых предшественников: люпина и горохоовсяной смеси. Агротехника, используемая на опыте, соответствовала рекомендациям для данной зоны. В предпосевную культивацию были внесены минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия.

Использование метода Кирсанова для почвенной диагностики фосфорного питания на дерново-подзолистых почвах в настоящее время нам представляется обоснованным, так как является наиболее дешевым и в то же время, как свидетельствуют данные многочисленных исследований последних 40 лет, позволяет удовлетворительно оценить динамику фосфатного режима почв в различных системах удобрения и определить степень обеспеченности почв фосфором для питания растений [11, 12, 13].

Формы почвенных фосфатов определяли методом Гинзбург-Лебедевой, степень подвижности фосфатов (0,01 М CaCl₂) – методом Скофилда.

В отобранных образцах зерна и соломы выполнены определения следующих показателей:

- ▶ общий азот, фосфор, калий, кальций, магний определялись из одной навески после мокрого озоления серной кислотой;
- ▶ азот – методом Къельдаля, фосфор – на фотоэлектроколориметре;
- ▶ калий – на пламенном фотометре ФПА-2;
- ▶ кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные исследования на дерново-подзолистой связносупесчаной почве показали, что содержание элементов питания (азот, фосфор, калий) в основной и побочной продукции яровой пшеницы находилось в зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором и доз минеральных удобрений.

Повышение содержания P₂O₅ в почве с 67-72 до 388-398 мг/кг привело к значимому повышению содержания фосфора в зерне пшеницы на 0,14-0,19%, или в 1,2-1,3 раза (табл. 1).

Зависимость концентрации фосфора в зерне яровой пшеницы от содержания подвижных фосфатов в почве устойчива по годам исследований как на контрольном варианте без внесения удобрений, так и на удобренном варианте и характеризуется высокими коэффициентами детерминации 0,90-0,96, что говорит о хорошем соответствии расчетных кривых экспериментальным данным (рис. 1). На контрольном варианте без удобрений содержание фосфора в зерне повышается по линейной зависимости из расчета + 0,04% P₂O₅ на каждые 100 мг прироста содержания подвижных форм фосфора на кг почвы. На наиболее эффективном варианте удобрений повышение концентрации фосфора в зерне идет по параболической кривой с расчетным максимумом при содержании 350 мг P₂O₅ на кг почвы. Внесение фосфорного удобрения в дозе P₆₀ сопровождалось небольшим повышением содержания фосфора в зерне на 0,02-0,06% на II-IV уровнях обеспеченности почвы фосфатами.

Содержание общего азота в зерне пшеницы заметно возрастало по мере повышения дозы азотных удобрений от N₆₀ до N₁₁₀. Так, содержание общего азота (N) в зерне, в варианте N₆₀P₆₀K₁₂₀ по отношению к варианту P₆₀K₁₂₀ увеличилось на 0,50-0,54-0,63-0,60% согласно уровням обеспеченности почвы фосфатами, в варианте N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀ – на 0,62-0,67-0,78-0,68%, а в варианте N₆₀₊₃₀₊₂₀P₆₀K₁₂₀ – на 0,68-0,70-0,84-0,70% соответственно.

Влияние обеспеченности почвы подвижными фосфатами и минеральных удобрений на содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы, % в сухом веществе, среднее за 2005-2007 гг.

Варианты	Нобщ	Нбелк	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
67-72 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,40	1,80	0,61	0,86	0,05	0,34
P ₆₀ K ₁₂₀	2,46	1,85	0,61	0,88	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	2,85	1,97	0,63	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	2,92	2,06	0,62	0,86	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,05	2,11	0,64	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,08	2,14	0,63	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,08	2,16	0,64	0,88	0,05	0,35
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,96	2,09	0,63	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,14	2,18	0,66	0,87	0,05	0,34
110-124 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,49	1,90	0,63	0,86	0,05	0,34
P ₆₀ K ₁₂₀	2,45	1,97	0,63	0,87	0,05	0,31
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	2,93	2,02	0,66	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	2,91	2,18	0,66	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,12	2,25	0,68	0,88	0,05	0,33
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,12	2,30	0,69	0,89	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,08	2,35	0,68	0,90	0,05	0,36
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,99	2,23	0,68	0,87	0,05	0,36
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,15	2,33	0,68	0,87	0,05	0,33
189-211 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,51	2,02	0,66	0,86	0,05	0,35
P ₆₀ K ₁₂₀	2,48	1,99	0,68	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	3,17	2,26	0,69	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	3,03	2,25	0,71	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,24	2,32	0,74	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,26	2,35	0,79	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,24	2,37	0,77	0,88	0,05	0,35
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,11	2,26	0,76	0,86	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,32	2,44	0,81	0,87	0,06	0,34
388-398 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,45	2,01	0,75	0,87	0,05	0,34
P ₆₀ K ₁₂₀	2,45	1,96	0,80	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	3,06	2,18	0,79	0,88	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	2,80	2,18	0,84	0,87	0,05	0,36
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,12	2,09	0,85	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,13	2,13	0,85	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,12	1,85	0,85	0,89	0,05	0,35

Варианты	Нобщ	Нбелк	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,05	2,08	0,84	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,15	2,26	0,85	0,87	0,06	0,35
НСП ₀₅ варианты уровни	0,08	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04
	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03

Наибольшая концентрация азота в зерне наблюдалась при содержании фосфора на уровне 189-211 мг/кг почвы, и при дальнейшем его повышении до уровня около 400 мг/кг накопление азота в основной продукции начинает снижаться. Например, при увеличении обеспеченности почвы фосфором от 67-72 до 189-211 мг/кг содержание азота в зерне яровой пшеницы повышалось на 0,15-0,18%, а в диапазоне содержания P₂O₅ от 189-211 до 388-398 мг/кг почвы – снижалось на 0,06-0,17%, соответственно при дозах азота N₆₀ и N₁₁₀. Такая же тенденция наблюдалась в отношении содержания белкового азота в зерне яровой пшеницы.

Содержание калия, кальция и магния в зерне пшеницы практически не изменялось на всех исследуемых вариантах опыта. Внесение минеральных удобрений и уровень обеспеченности почвы фосфатами не оказывали значимого влияния на содержание данных элементов в зерне яровой пшеницы.

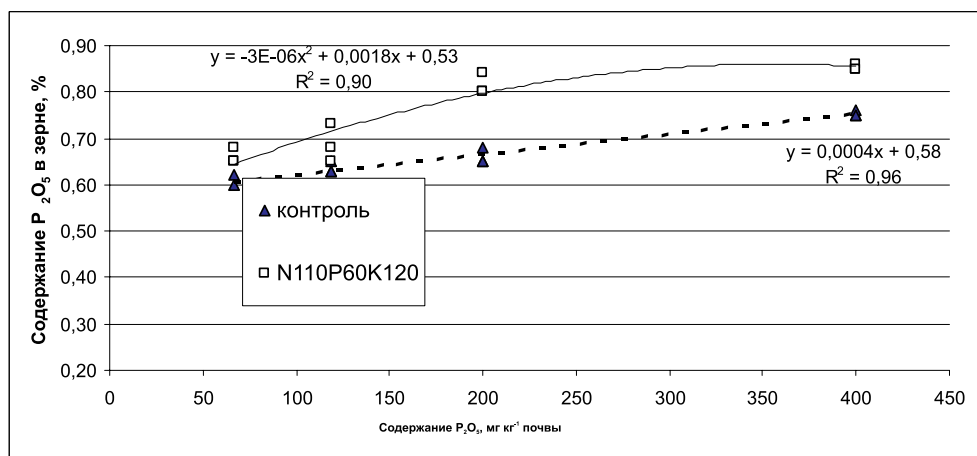


Рис. 1. Содержания фосфора в зерне яровой пшеницы в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными фосфатами, %

Содержание элементов питания в соломе яровой пшеницы более заметно различалось в зависимости от доз минеральных удобрений и обеспеченности почвы фосфатами (табл. 2).

Содержание азота в соломе яровой пшеницы зависело от азотного удобрения и по отношению к контролю на варианте N₁₁₀P₆₀K₁₂₀ кг/га повышалось на 0,05-0,07-0,09-0,12% по мере увеличения обеспеченности почвы фосфатами.

При увеличении содержания подвижного фосфора в почве от 67-72 мг/кг до 388-398 мг/кг содержание общего азота в соломе немного повысилось с 0,60-0,65 до 0,64-0,76%, а содержание P₂O₅ повысилось с 0,06-0,09 до 0,26-0,27%, или в 3-4 раза. Внесение P₆₀ сопровождалось сравнительно небольшим повышением

содержания фосфора в соломе на 0,02-0,5% на первых трех уровнях обеспеченности почвы фосфором, в диапазоне содержания P_2O_5 67-211 мг/кг почвы. Очевидно, солома яровой пшеницы, возделываемая на почвах с повышенным содержанием фосфора, является ценным видом грубых кормов, обогащенных фосфатами, дефицит которых в рационе КРС еще наблюдается в большинстве хозяйств Беларуси.

Таблица 2

Влияние обеспеченности почвы подвижными фосфатами и минеральных удобрений на содержание элементов питания в соломе яровой пшеницы, % в сухом веществе, среднее за 2005-2007 гг.

Варианты	Нобщ	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
67-72 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,60	0,06	0,80	0,13	0,08
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,65	0,09	1,26	0,14	0,10
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,65	0,09	1,44	0,15	0,10
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,65	0,08	1,60	0,15	0,13
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,65	0,09	1,73	0,16	0,14
110-124 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,60	0,08	0,72	0,15	0,09
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,64	0,11	1,18	0,17	0,15
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,65	0,10	1,35	0,13	0,16
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,65	0,10	1,59	0,15	0,15
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,67	0,10	1,48	0,16	0,16
189-211 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,61	0,15	0,84	0,14	0,08
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,67	0,20	1,38	0,17	0,14
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,66	0,20	1,50	0,16	0,15
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,67	0,20	1,67	0,17	0,16
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,70	0,21	1,49	0,16	0,15
388-398 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,64	0,26	0,88	0,18	0,11
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,69	0,26	1,34	0,19	0,13
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,69	0,26	1,54	0,19	0,15
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,70	0,27	1,69	0,18	0,16
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,76	0,27	1,55	0,20	0,15
НСП ₀₅ варианты уровни	0,02	0,02	0,28	0,02	0,03
	0,05	0,10	0,11	0,03	0,02

Содержание калия в соломе зависело от дозы калийного удобрения и по отношению к $N_{90}P_{60}K_{90}$ на варианте $N_{90}P_{60}K_{180}$ увеличилось на 0,34-0,41-0,29-0,35% соответственно уровням обеспеченности почвы фосфором. В варианте оптимального удобрения $N_{110}P_{60}K_{120}$ содержание калия уменьшилось на 0,25-0,18% на II-IV уровнях содержания подвижных фосфатов в почве. При низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором (67-72 мг P_2O_5 на кг почвы) в соломе пшеницы накапливается избыточный калий, а эквивалентное соотношение $K/(Ca+Mg)$ достигает

2,93, что несколько снижает качество корма. По мере увеличения обеспеченности фосфором до P_2O_5 189-211 и 388-398 мг/кг почвы содержание кальция и магния несколько повышается, а соотношение $K/(Ca+Mg)$ в соломе стабилизируется на более приемлемом уровне 2,40 и 2,27 соответственно.

Потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания характеризуется выносом их с урожаем основной и побочной продукции. Различают общий (хозяйственный) – количество отчуждаемых с поля питательных веществ и удельный вынос, рассчитываемый на единицу основной продукции.

На основании результатов определения химического состава зерна и соломы нами рассчитан общий вынос элементов питания с урожаем яровой пшеницы (табл. 3).

Таблица 3

**Общий вынос азота, фосфора и калия с урожаем яровой пшеницы
в зависимости от уровня обеспеченности почвы фосфатами
и доз минеральных удобрений, 2005-2007 гг., кг/га**

Вариант	N				P_2O_5				K_2O			
	Уровень содержания подвижного фосфора в почве, мг/кг											
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Контроль	55,8	47,7	83,1	92,4	14,3	18,7	24,9	35,0	31,2	36,3	45,9	52,9
$P_{60}K_{120}$	63,3	77,0	90,0	103,4	16,7	21,7	29,5	41,3	44,5	54,7	65,3	75,8
$N_{90}K_{90}$	84,9	103,8	126,3	166,2	19,5	25,2	32,4	53,9	51,2	58,8	70,8	98,8
$N_{90}P_{60}$	90,4	108,9	124,8	150,8	20,4	26,5	35,6	54,9	46,5	61,4	59,3	78,0
$N_{90}P_{60}K_{90}$	103,4	128,1	151,6	178,4	23,6	31,3	42,5	60,6	61,2	72,3	90,3	106,5
$N_{90}P_{60}K_{120}$	109,9	138,1	167,5	212,2	24,6	33,5	48,9	71,2	70,7	84,9	105,0	137,5
$N_{90}P_{60}K_{180}$	119,8	144,3	171,6	220,3	26,7	35,1	49,4	74,6	82,8	99,1	115,9	153,2
$N_{60}P_{60}K_{120}$	100,2	126,6	143,7	165,4	22,9	31,6	42,2	57,2	76,8	84,4	91,2	111,3
$N_{110}P_{60}K_{120}$	125,6	149,8	177,4	234,5	28,7	35,5	52,3	78,2	89,6	95,8	108,0	148,7

В среднем за 2005-2007 гг. хозяйственный вынос азота, фосфора и калия увеличивался по мере повышения обеспеченности почвы подвижными фосфатами и доз минеральных удобрений.

Параметры выноса азота и фосфора в большей мере определялись концентрацией их в зерне и уровнем полученной урожайности, так как концентрация азота и фосфора в соломе ниже, чем в зерне. По мере увеличения обеспеченности почвы подвижным фосфором от 67-72 до 388-398 мг/кг общий вынос азота увеличился в варианте с наибольшей урожайностью зерна яровой пшеницы $N_{110}P_{60}K_{120}$ от 125,6 до 234,6 кг/га, фосфора – от 28,7 до 78,2 кг/га, или, соответственно, в 1,9 и 2,7 раза.

Вынос калия определялся в большей мере концентрацией данного элемента в соломе и зависел от доз калийных удобрений и содержания подвижного фосфора в почве. При оптимальных дозах удобрений $N_{110}P_{60}K_{120}$ вынос калия с гектара посева повышался по мере увеличения содержания фосфора в почве от 89,6 до 148,7 кг K_2O , или в 1,7 раза.

Вынос кальция и магния в большей степени определялся величиной урожая основной и побочной продукции. Вынос кальция растениями яровой пшеницы при оптимальном удобрении $N_{110}P_{60}K_{120}$ под влиянием обеспеченности почвы фосфором повышался от 7,3 до 16,1 кг/га, магния – от 16,1 до 30,2, или соответственно в 2,2 и 1,9 раза (табл. 4).

**Общий вынос кальция и магния с урожаем яровой пшеницы
в зависимости от уровня обеспеченности почвы фосфатами
и доз минеральных удобрений, 2005-2007 гг., кг/га**

Варианты	CaO				MgO			
	Уровень подвижного фосфора, мг/кг почвы							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Контроль	3,4	4,4	5,2	7,0	7,8	9,8	11,5	13,5
$P_{60}K_{120}$	4,3	5,5	6,3	8,0	8,9	10,9	12,8	15,8
$N_{90}K_{90}$	5,6	7,6	7,2	11,0	11,0	14,1	16,0	21,4
$N_{90}P_{60}$	5,6	7,2	7,4	10,7	11,7	15,2	16,3	22,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	5,5	7,8	8,9	11,6	12,6	16,5	19,2	22,6
$N_{90}P_{60}K_{120}$	6,2	6,9	9,3	13,7	13,3	18,5	21,6	27,9
$N_{90}P_{60}K_{180}$	6,7	8,0	10,1	13,8	15,5	19,9	22,6	29,7
$N_{60}P_{60}K_{120}$	5,9	7,3	8,8	11,6	13,5	18,3	19,3	22,9
$N_{110}P_{60}K_{120}$	7,3	8,7	10,1	16,1	16,1	19,5	21,9	30,2

Для определения потребности растений в элементах питания чаще используется удельный вынос, так как изменение урожайности от внешних условий сказывается на соотношении основной и побочной продукции, которые различаются по-своему химическому составу. Удельный вынос элементов питания отличается заметным постоянством. Например, с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции яровой пшеницы, при различной обеспеченности почвы подвижным P_2O_5 в варианте $N_{110}P_{60}K_{120}$ выносятся: 33,1-33,4-35,1-34,0 кг азота, 7,5-7,9-10,3-11,3 кг P_2O_5 , 23,6-21,3-21,3-21,6 кг K_2O , 1,9-1,9-2,0-2,3 кг CaO и 4,2-4,3-4,3-4,4 кг MgO. Таким образом, по мере повышения содержания подвижных фосфатов существенно увеличивался только относительный вынос фосфора.

На основании общего выноса фосфора зерном яровой пшеницы разностным методом были рассчитаны коэффициенты использования фосфора из удобрения в варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$ (рис. 2).

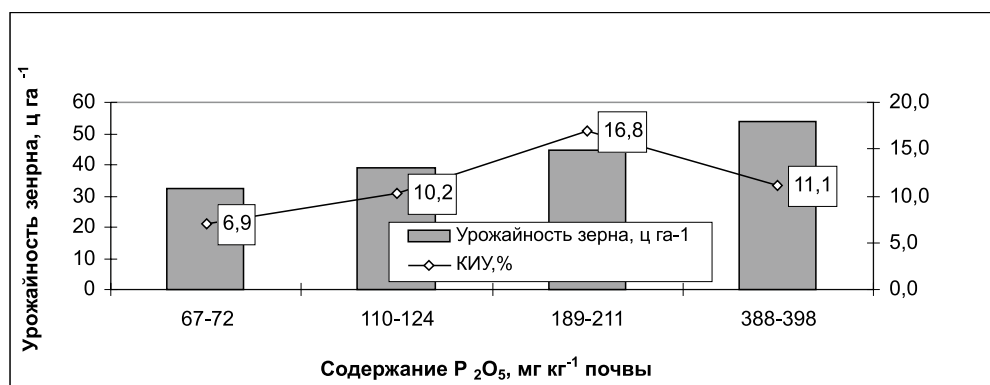


Рис. 2. Урожайность зерна яровой пшеницы и коэффициенты использования фосфора из удобрения $N_{90}P_{60}K_{90}$, КИУ, % в зависимости от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой супесчаной почве

Полученные данные свидетельствуют об увеличении в 2,4 раза потребления растениями фосфора из удобрения по мере повышения концентрации подвижных форм фосфора в почве в диапазоне 67-200 мг P₂O₅ на кг почвы, из-за меньшей фиксации их почвенным поглощающим комплексом. При обилии доступных форм фосфора для растений в почве на четвертом уровне (около 400 мг/кг почвы) растения яровой пшеницы используют только 11,1% фосфора из удобрения.

При низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором на первых двух уровнях, основное количество минеральных фосфатов приходится на менее доступные растениям фосфаты железа, алюминия и трехзамещенные фосфаты кальция. На третьем и, особенно, на четвертом уровне обеспеченности почвы фосфором возрастает количество рыхлосвязанных однозамещенных фосфатов кальция, а степень подвижности фосфатов повышается до 10 раз (табл. 5).

Таблица 5

Степень подвижности и фракционный состав фосфатов при различной обеспеченности по Кирсанову (P₂O₅ мг/кг почвы) дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой моренной, почвы

Подвижные фосфаты по Кирсанову, мг/кг почвы	Степень подвижности (0,01M CaCl ₂), мг/л	Фракционный состав фосфатов, мг P ₂ O ₅ на кг почвы				
		Ca-P _I	Ca-P _{II}	Al-P	Fe-P	Ca-P _{III}
67-72	0,52	49,7	16,5	87,0	393,0	95,0
110-124	1,36	90,5	17,0	153,0	397,0	123,0
189-211	3,15	90,0	19,7	188,0	428,0	123,0
388-398	5,20	163,0	23,0	242,0	438,0	123,0

В научной литературе имеются подтверждения такой закономерности на материале полевых опытов, когда эффективность фосфорного удобрения снижается вследствие низкого исходного содержания подвижных фосфатов и повышенной фиксации фосфора удобрениями [14, 15]. По мере повышения концентрации фосфатов в почве, фосфор удобрения в меньшей степени фиксируется почвой и становится более доступным для растений. Эти закономерности следует учитывать при разработке системы удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение содержания подвижных форм фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве с 67-72 до 388-398 мг/кг, сопровождается заметным повышением содержания фосфора в зерне пшеницы на 0,14-0,19%, или в 1,2-1,3 раза и повышением содержания фосфора в соломе с 0,06-0,09 до 0,26-0,27%, или в 3-4 раза. Внесение фосфорного удобрения P₆₀ кг/га обеспечивает только небольшое повышение содержания фосфора в зерне и соломе. Очевидно, что солома яровой пшеницы, возделываемая на почвах с повышенным содержанием фосфора, является ценным видом грубых кормов, в связи с дефицитом фосфора в рационах КРС.

2. Наибольшая концентрация общего и белкового азота в зерне наблюдается при содержании фосфора на уровне 189-211 мг/кг почвы, и при дальнейшем его до уровня около 400 мг/кг накопление азота в основной продукции начинает снижаться. Внесение минеральных удобрений и уровень обеспеченности поч-

вы фосфатами не оказывали значимого влияния на содержание калия, кальция и магния в зерне яровой пшеницы.

3. Содержание азота в соломе закономерно повышается по мере увеличения содержания подвижных фосфатов в почве и доз азотного удобрения. Содержание калия в соломе также повышается в соответствии с увеличением доз калийного удобрения. Даже в варианте оптимального удобрения $N_{110}P_{60}K_{120}$, при низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором (67-72 мг P_2O_5 на кг почвы) в соломе пшеницы накапливается избыточный калий, а эквивалентное соотношение $K/(Ca+Mg)$ достигает 2,93, что несколько снижает качество корма. По мере увеличения обеспеченности фосфором до уровня около 200 мг P_2O_5 на кг почвы и выше, накопление калия в соломе уменьшается, а соотношение $K/(Ca+Mg)$ в соломе стабилизируется на более приемлемом уровне 2,27-2,40.

4. Увеличение содержания подвижных фосфатов (по Кирсанову) в диапазоне 67-200 мг P_2O_5 на кг почвы сопровождается повышением коэффициента использования фосфора из аммонизированного суперфосфата яровой пшеницей от 6,9 до 16,8%, или в 2,4 раза, вследствие меньшего закрепления в почве в виде малодоступных для растений трехзамещенных фосфатов кальция и фосфатов полуторных окислов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Агропромиздат, 1990. – 219 с.

2. Минеев, В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М.: Колос, 1981. – 288 с.

3. Минеев, В.Г. Удобрение, урожай, качество / В.Г. Минеев. – Воронеж, 1966.

4. Лапа, В.В. Эффективность азотных удобрений при различных балансах фосфора и калия в удобрении озимой ржи на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Проблемы питания растений и использования удобрений в современных условиях: материалы международной научно-практической конференции. – Минск, 2000. – С. 268-272.

5. Шаковец, О.Е. Вынос и коэффициенты использования элементов питания при различных системах удобрения озимой ржи / О.Е. Шаковец // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 129-136.

6. Лапа, В.В. Оптимизация минерального питания зерновых культур на основе регулирования интенсивности продукционных процессов: рекомендации / В.В. Лапа [и др.] // РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2006. – 12 с.

7. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.] // РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2006. – 288 с.

8. Богдевич, И.М. Эффективность минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от обеспеченности почвы подвижными фосфатами / И.М. Богдевич, В.А. Дроздовская В. А // Почвоведение и агрохимия – 2006. – №2(37). – С. 70-76.

9. Богдевич, И.М. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными фосфатами и минеральных удобрений / И.М. Богдевич, Микулич В. А. // Почвоведение и агрохимия – 2007. – №2(39). – С.75-91.

10. Микулич, В.А. Переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в яровую пшеницу в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы фосфатами и доз минеральных удобрений / В.А. Микулич // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №1(40). – С. 288-297.

11. Адрианов, С.Н. Оценка методов определения подвижных фосфатов в почве / С.Н. Адрианов // Плодородие. – 2008. – №2. – С. 14-17.

12. Носко, Б.С. Сравнительное изучение методов определения подвижных форм фосфатов на примере почв Левобережной лесостепи Украины / Б.С. Носко, В.Г. Роздайбеда // Агрохимия. – 1975. – №11. – С.109-115.

13. Сычев, В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В.Г. Сычев. – Москва: ЦИНАО, 2000. – 187с.

14. Сушеница, Б.А. Фосфатный уровень почв и его регулирование / Б.А. Сушеница. – М.: Колос, 2007. – 376 с.

15. Johnston, A.E. Soil and Plant Phosphate / A.E. Johnston. – IFA, Paris, 2000. – 46 p.

CONTENT AND REMOVAL OF NUTRIENTS WITH YIELD OF SPRING WHEAT RELATED TOP-STATUS OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL AND FERTILIZERS

V.A. Mikulich

Summary

The field experiment with fertilizer treatments of spring wheat on the four different levels of luvisol loamy sand soil supply with mobile phosphates has been conducted in 2005-2007. A significant increase of phosphorus content in the grain (in 1,2-1,3 times) and straw (3-4 times) with increase of mobile phosphates from 67 to ≈ 400 mg P_2O_5 kg of soil was observed. Set parameters removal of phosphorus and other nutrients (N, K, Ca and Mg) may be considered in the planning system of fertilization of spring wheat on similar soils with different levels of phosphorus supply.

Поступила 14 марта 2011 г.

УДК 631.524.84:633.19

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В.Н. Босак¹, О.Н. Марцуль²

¹Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

²Гродненский зональный институт растениеводства, г. Щучин, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Тритикале (*x Triticosecale Wittm.*) представляет собой новый ботанический род, полученный путем объединения хромосомных комплексов двух разных ботани-

ческих видов – пшеницы и ржи, что позволило использовать преимущества обоих видов. Тритикале является универсальной зерновой культурой, используемой как на продовольственные, так и кормовые цели. Зерно тритикале может с успехом применяться в хлебопекарной, кондитерской, пивоваренной, спиртоводочной и комбикормовой промышленности. Тритикале отличается большими потенциальными возможностями увеличения урожайности, повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот. В тритикале удачно сочетаются высокая экологическая пластичность ржи с урожайностью и качеством пшеницы [1-4].

Внесение удобрений является одним из наиболее эффективных средств повышения урожайности и качества зерна тритикале. Элементы питания оказывают существенное влияние на биологические и физиологические процессы, протекающие в растениях на протяжении всего периода вегетации, а, следовательно, на величину и качество урожая [4-9].

Наряду с озимым, в последние годы в Республике Беларусь все большие площади занимает яровое тритикале (в 2009 г. площадь возделывания ярового тритикале составила 29,7 тыс. га при средней урожайности 31,1 ц/га). В Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород в Республике Беларусь на 2010 г. включено 7 сортов ярового тритикале [10-11].

Актуальность и новизна исследований заключалась в изучении последствий традиционных и новых видов органических удобрений в сочетании с применением полного минерального удобрения при возделывании нового сорта ярового тритикале интенсивного типа Узор.

Цель исследований – изучить влияние минеральных и органических удобрений на урожайность и качество ярового тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установить сравнительное влияние последствий дозы органических удобрений.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению эффективности применения удобрений при возделывании ярового тритикале Узор проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в СПК “Щемяслица” Минского района.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} – 6,2-6,4, содержание P_2O_5 (0,2 М HCl) – 310-330 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 270-290 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М $K_2Cr_2O_7$) – 1,7-1,9% (индекс агрохимической окультуренности 0,89).

Схема опыта предусматривала изучение эффективности полного минерального удобрения $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ на фоне первого года последствий различных видов органических удобрений (органические удобрения вносили под предшественник – кукурузу Дельфин). Минеральные удобрения (карбамид, хлористый калий, аммонизированный суперфосфат) вносили под предпосевную культивацию; карбамид применяли также в качестве подкормки N_{30} в фазу первого узла.

Используемые органические удобрения и отходы промышленности характеризовались следующими показателями (% на естественную влажность):

▶ подстилочный навоз КРС ($N_{общ}$ – 0,40%; P_2O_5 – 0,43%; K_2O – 0,41%; CaO – 0,21%; MgO – 0,15%; органическое вещество – 18,65%; влажность – 77,5%; pH – 8,21);

- ▶ бесподстилочный навоз КРС ($N_{\text{общ}} - 0,32\%$; $P_2O_5 - 0,20\%$; $K_2O - 0,65\%$; $CaO - 0,25\%$; $MgO - 0,10\%$; органическое вещество – 12,41%; влажность – 84,0%; pH – 6,35);
- ▶ торф ($N_{\text{общ}} - 0,40\%$; $P_2O_5 - 0,13\%$; $K_2O - 0,02\%$; $CaO - 0,09\%$; $MgO - 0,03\%$; органическое вещество – 32,09%; влажность – 62,12%; pH – 2,72);
- ▶ солома озимого тритикале ($N_{\text{общ}} - 0,26\%$; $P_2O_5 - 0,30\%$; $K_2O - 1,025\%$; $CaO - 0,11\%$; $MgO - 0,16\%$; органическое вещество – 78,68%; влажность – 17,2%; pH – 6,32);
- ▶ дефекат ($N_{\text{общ}} - 0,40\%$; $P_2O_5 - 1,27\%$; $K_2O - 0,05\%$; $CaO - 25,25\%$; $MgO - 0,77\%$; органическое вещество – 21,74%; влажность – 31,17%; pH – 8,91);
- ▶ гидролизный лигнин ($N_{\text{общ}} - 0,10\%$; $P_2O_5 - 0,03\%$; $K_2O - 0,003\%$; $CaO - 0,47\%$; $MgO - 0,01\%$; органическое вещество – 29,43%; влажность – 65,20%; pH – 5,37);
- ▶ свекловичный жом ($N_{\text{общ}} - 0,38\%$; $P_2O_5 - 0,04\%$; $K_2O - 0,18\%$; $CaO - 0,05\%$; $MgO - 0,07\%$; органическое вещество – 14,28%; влажность – 84,99%; pH – 3,55);
- ▶ вермикомпост ($N_{\text{общ}} - 0,69\%$; $P_2O_5 - 0,70\%$; $K_2O - 0,82\%$; $CaO - 0,34\%$; $MgO - 0,27\%$; органическое вещество – 15,91%; влажность – 53,4%; pH – 7,34).

Приготовленные компосты имели следующие показатели:

- ▶ компост на основе лигнина и дефеката – соотношение лигнин : дефекат = 1 : 1,4 ($N_{\text{общ}} - 0,17\%$; $P_2O_5 - 0,42\%$; $K_2O - 0,02\%$; $CaO - 6,23\%$; $MgO - 0,25\%$; органическое вещество – 15,26%; влажность – 61,3%; pH – 8,42);
- ▶ компост на основе лигнина, дефеката и навоза – соотношение лигнин : дефекат : навоз = 1 : 1,5 : 0,5 ($N_{\text{общ}} - 0,23\%$; $P_2O_5 - 0,44\%$; $K_2O - 0,08\%$; $CaO - 6,05\%$; $MgO - 0,24\%$; органическое вещество – 20,72%; влажность – 63,1%; pH – 8,43);
- ▶ торфонавозный компост – соотношение торф : бесподстилочный навоз = 1 : 3 ($N_{\text{общ}} - 0,55\%$; $P_2O_5 - 0,27\%$; $K_2O - 0,37\%$; $CaO - 0,26\%$; $MgO - 0,15\%$; органическое вещество – 22,95%; влажность – 67,2%; pH – 6,84).

Агротехника возделывания ярового тритикале – общепринятая для Республики Беларусь. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Качественные показатели зерна и соломы ярового тритикале определяли согласно существующим методикам [12-15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение полного минерального удобрения, а также первый год последствий различных видов органических удобрений оказали существенное влияние на продуктивность ярового тритикале Узор (табл. 1).

Урожайность ярового тритикале несколько различалась по годам исследований, что связано с особенностями погодных условий вегетационных периодов (ГТК вегетационного периода в 2009 г. составил 2,7, в 2010 г. – 2,1 при среднемноголетнем ГТК (по Селянину) 1,6).

Так, в 2009 г. урожайность зерна ярового тритикале в удобренных вариантах составила 59,5-71,2 ц/га, в 2010 г. – 70,6-78,8 ц/га. Прибавка урожая зерна от внесения полного минерального удобрения $N_{60+30} P_{60} K_{120}$ в 2009 г. оказалась 23,7 ц/га, в 2010 г. – 25,3 ц/га.

**Влияние удобрений на урожайность ярового тритикале
на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Зерно, ц/га			Прибавка, ц/га	Солома, ц/га
	2009 г.	2010 г.	Ø		
Без удобрений	35,8	45,3	40,6	–	30,2
$N_{60+30}P_{60}K_{120}$	59,5	70,6	65,1	24,5	47,1
Навоз, 20 т/га + NPK	62,4	74,5	68,5	27,9	49,5
Солома озимого тритикале, 5 т/га + NPK	64,3	75,9	70,1	29,5	50,8
Жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га + NPK	61,3	76,4	68,9	28,3	50,9
Вермикомпост, 5 т/га + NPK	67,5	76,9	72,2	31,6	53,1
Солома оз. тритикале, 5 т/га + навоз, 40 т/га + NPK	68,6	77,2	72,9	32,3	53,0
Навоз, 60 т/га + NPK	71,2	78,8	75,0	34,4	54,7
Торфонавозный компост, 60 т/га + NPK	67,8	78,6	73,2	32,6	53,7
Компост (лигнин + дефекат), 60 т/га + NPK	64,0	75,4	69,7	29,1	50,6
Компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га + NPK	64,8	75,5	70,2	29,6	51,6
НСП ₀₅	3,1	3,6	2,7		2,4

* Органические удобрения – последствие, 1 год

В 2009 г. существенная прибавка продуктивности зерна 4,5-11,7 ц/га от первого года последствия различных видов органических удобрений отмечена в большинстве опытных вариантов. В варианте с последствием 20 т/га подстилочного навоза КРС, а также варианте с внесением 40 т/га смеси жома и дефеката отмечена лишь тенденция увеличения урожайности ярового тритикале.

В 2010 г. первый год последствия всех видов применяемых органических удобрений обеспечил существенное увеличение зерна ярового тритикале на 3,9-8,2 ц/га.

В среднем за два года исследований применение полного минерального удобрения $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ увеличило урожайность зерна ярового тритикале на 24,5 ц/га при общей урожайности зерна 65,1 ц/га и окупаемости 1 кг NPK 9,1 кг зерна.

Первый год последствия различных видов органических удобрений увеличил урожайность ярового тритикале на 3,4-9,9 ц/га при общей урожайности в вариантах с полным органоминеральным удобрением 68,5-75,0 ц/га.

Наибольшая урожайность ярового тритикале в исследованиях получена при внесении 60 т/га соломистого навоза КРС (первый год последствия) в сочетании с $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ – 75,0 ц/га при прибавке от последствия навоза 9,9 ц/га.

Применение под предшествующую культуру севооборота 60 т/га торфонавозного компоста, а также 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале совместно с NPK обеспечило практически одинаковую (в пределах НСП) урожайность зерна ярового тритикале 72,9-73,2 ц/га (прибавка

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

от последействия органических удобрений в данных вариантах составила 7,8-8,1 ц/га). Несколько меньшая урожайность зерна ярового тритикале получена в варианте с последействием 5 т/га вермикомпоста – 72,2 ц/га при прибавке урожая зерна 7,1 ц/га.

Первый год последействия 60 т/га сборных компостов на основе лигнина и дефекаата обеспечил дополнительный сбор зерна ярового тритикале 4,6-5,1 ц/га (общая урожайность в данных вариантах составила 69,7-70,2 ц/га); 5 т/га соломы озимого тритикале в сочетании с N_{40} – 5,0 ц/га (общая урожайность – 70,1 ц/га); 40 т/га смеси жома и дефекаата – 3,8 ц/га (общая урожайность – 68,9 ц/га); 20 т/га подстилочного навоза КРС – 3,4 ц/га (общая урожайность – 68,5 ц/га).

Соотношение зерно : солома у ярового тритикале Узор в зависимости от опытного варианта оказалось 1 : 0,7 и практически не зависело от системы удобрения.

Урожайность зерна ярового тритикале и эффективность применения минеральных и органических удобрений в исследованиях во многом была обусловлена лучшими показателями структуры урожая (табл. 2).

Таблица 2

Структура урожая ярового тритикале в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, среднее за 2009-2010 гг.

Вариант	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Высота растений, см	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна 1 колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Без удобрений	327	92,9	7,3	38	1,25	33,0
$N_{60+30} P_{60} K_{120}$	371	101,6	7,5	44	1,48	34,0
Навоз, 20 т/га + NPK	385	104,3	7,7	49	1,71	35,1
Солома озимого тритикале, 5 т/га + NPK	389	103,9	7,7	48	1,66	35,2
Жом, 20 т/га + дефекаат, 20 т/га + NPK	396	103,9	8,0	45	1,58	34,8
Вермикомпост, 5 т/га + NPK	395	102,8	7,7	48	1,72	36,4
Солома оз.тритикале, 5 т/га + навоз, 40 т/га + NPK	397	104,7	8,1	51	1,82	35,7
Навоз, 60 т/га + NPK	405	106,7	8,2	50	1,82	37,0
Торфонавозный компост, 60 т/га + NPK	389	108,1	7,8	53	1,87	35,6
Компост (лигнин + дефекаат), 60 т/га + NPK	391	102,5	8,1	53	1,74	33,0
Компост (лигнин + дефекаат + навоз), 60 т/га + NPK	385	102,8	7,4	51	1,80	35,6
HCP_{05}	13,7	3,7	0,3	1,7	0,06	1,4

* Органические удобрения – последействие, 1 год

Количество продуктивных стеблей в среднем за два года исследований в удобренных вариантах увеличилось с 327 до 371-405 шт./м², высота растения – с 92,9 до 101,6-108,1 см, длина колоса – с 7,3 до 7,4-8,2 см, число зерен в колосе – с 38 до 44-53 шт., масса зерна 1 колоса – с 1,25 до 1,48-1,87 г с максимальными показателями в вариантах с полным органоминеральным удобрением. Масса 1000 зерен в зависимости от опытного варианта составила 33,0-37,0 г.

Применение полного минерального удобрения в лучшем по урожайности варианте обеспечило формирование 33%, первый год последствия 60 т/га подстильного навоза КРС – 13% урожайность зерна Почвенное плодородие способствовало получению 54% зерна ярового тритикале варианте (рис. 1).

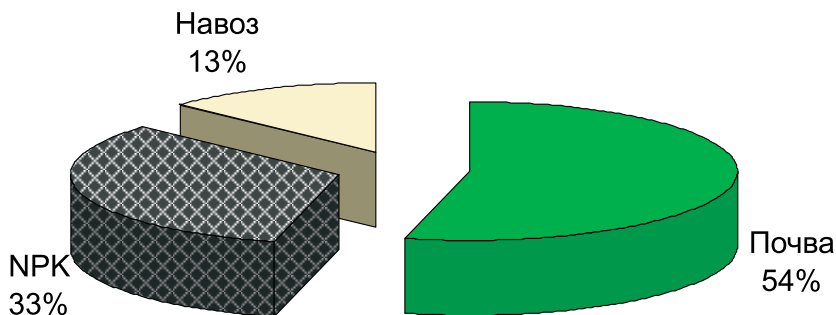


Рис. 1. Долевое участие отдельных факторов в формировании урожайности ярового тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Из качественных характеристик сельскохозяйственной продукции наиболее существенным является содержание белка. Жизненно важное значение белков обусловлено большим разнообразием их физико-химических свойств и биологических функций. Из огромного количества природных органических веществ, входящих в состав живых организмов, ни одно не имеет столь большого значения и не обладает столь многообразными функциями в жизни организма, как белки. Проблема белка является одной из наиболее острых проблем, требующей дальнейшей разработки и неотложного решения [12].

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение минеральных и органических удобрений оказало существенное влияние на содержание и сбор сырого белка при возделывании ярового тритикале (табл. 3).

Наиболее лабильными показателями в зерне и соломе ярового тритикале оказалось содержание азота, а также калия в соломе (табл. 4).

Внесение полного минерального удобрения $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ увеличило содержание сырого белка в зерне ярового тритикале в среднем за два года исследований на 0,7%, последствие различных видов органических удобрений – на 0,2-1,7%. Сбор сырого белка в удобренных вариантах составил 686,4-874,0 кг/га.

Максимальные показатели содержания и сбора сырого белка отмечены в вариантах с последствием внесения 60 т/га подстильного навоза и торфоनावозного компоста, а также 40 т/га навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале – 13,3-13,9% и 816,6-874,0 кг/га.

В среднем за два года исследований содержание общего азота в зерне ярового тритикале в удобренных вариантах увеличилось с 1,83 до 1,96-2,21%, в со-

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

ломе ярового тритикале – с 0,36 до 0,46-0,51%, калия в соломе ярового тритикале – с 1,76 до 1,98-2,29%. Содержание фосфора в зерне ярового тритикале в удобренных вариантах увеличилось с 1,15 до 1,16-1,21%, в соломе ярового тритикале – с 0,21 до 0,22-0,27%, калия в зерне – с 0,55 до 0,56-0,62%.

Таблица 3

Влияние удобрений на содержание и сбор белка в зерне ярового тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Содержание сырого белка, %			Сбор сырого белка, кг/га		
	2009 г.	2010 г.	Ø	2009 г.	2010 г.	Ø
Без удобрений	10,7	12,3	11,5	329,6	479,7	404,7
$N_{60+30} P_{60} K_{120}$	11,4	13,0	12,2	583,7	789,1	686,4
Навоз, 20 т/га + NPK	11,6	13,1	12,4	622,9	839,7	731,3
Солома озимого тритикале, 5 т/га + NPK	11,9	13,7	12,8	658,1	894,6	776,4
Жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га + NPK	12,7	13,8	13,3	669,3	906,7	788,0
Вермикомпост, 5 т/га + NPK	12,1	13,1	12,6	703,0	865,9	784,5
Солома оз. тритикале, 5 т/га + навоз, 40 т/га + NPK	12,8	13,8	13,3	755,2	916,3	835,8
Навоз, 60 т/га + NPK	13,1	13,8	13,5	801,7	935,6	868,7
Торфонавозный компост, 60 т/га + NPK	13,4	14,3	13,9	781,2	966,7	874,0
Компост (лигнин + дефекат), 60 т/га + NPK	13,2	14,0	13,6	726,0	907,2	816,6
Компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га + NPK	13,4	14,1	13,8	746,4	915,1	830,8
НСР ₀₅	0,6	0,7	0,5			

* Органические удобрения – последствие, 1 год

Содержание кальция и магния в зерне и соломе ярового тритикале в меньшей мере зависело от видов и доз применения минеральных и органических удобрений. В среднем за два года исследований содержание кальция в зерне ярового тритикале в зависимости от опытного варианта составило 0,04-0,05%, магния – 0,19-0,21%, в соломе – соответственно 0,15-0,18% (CaO) и 0,09-0,10% (MgO).

Общий вынос элементов питания зависел от продуктивности ярового тритикале и их содержания в зерне и соломе. В среднем за два года исследований общий вынос азота в зависимости от опытного варианта составил 73-162 кг/га, фосфора – 45-88, калия – 64-142, кальция – 5-11, магния – 10-17 кг/га.

Удельный (нормативный) вынос элементов питания с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы ярового тритикале оказался 18,0-22,2 кг (N), 11,2-12,1 (P₂O₅), 15,7-19,2 (K₂O), 1,2-1,5 (CaO), 2,2-2,4 кг (MgO).

Влияние удобрений на содержание элементов питания в зерне и соломе ярового тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, среднее за 2009-2010 гг.,% в сухом веществе

Вариант	Зерно					Солома				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без удобрений	1,83	1,15	0,55	0,04	0,21	0,36	0,21	1,76	0,15	0,10
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	1,96	1,16	0,56	0,04	0,19	0,46	0,23	2,10	0,16	0,10
Навоз, 20 т/га + NPK	1,98	1,19	0,56	0,04	0,20	0,48	0,23	2,12	0,17	0,10
Солома озимого тритикале, 5 т/га + NPK	2,04	1,16	0,56	0,04	0,20	0,46	0,22	2,16	0,17	0,10
Жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га + NPK	2,12	1,18	0,58	0,05	0,20	0,51	0,27	2,20	0,17	0,09
Вермикомпост, 5 т/га + NPK	2,02	1,19	0,57	0,04	0,19	0,42	0,27	1,98	0,15	0,10
Солома оз. тритикале, 5 т/га + навоз, 40 т/га + NPK	2,13	1,19	0,58	0,04	0,19	0,46	0,27	2,29	0,18	0,10
Навоз, 60 т/га + NPK	2,15	1,19	0,62	0,04	0,20	0,48	0,24	2,22	0,17	0,09
Торфонавозный компост, 60 т/га + NPK	2,21	1,21	0,61	0,05	0,20	0,51	0,25	2,18	0,17	0,10
Компост (лигнин + дефекат), 60 т/га + NPK	2,17	1,20	0,60	0,04	0,21	0,51	0,26	2,27	0,18	0,10
Компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га + NPK	2,21	1,21	0,62	0,05	0,21	0,50	0,25	2,20	0,18	0,10
НСР ₀₅	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01

* Органические удобрения – последствие, 1 год

ВЫВОДЫ

При возделывании ярового тритикале Узор на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве последствие различных видов органических удобрений (первый год) обеспечило дополнительный сбор зерна 3,4-9,9 ц/га при общей урожайности в удобренных вариантах 68,5-75,0 ц/га и содержании сырого белка 12,4-13,9%. Применяемые виды органических удобрений по агрономической эффективности можно разместить в следующем порядке: подстилочный навоз КРС – торфонавозный компост – вермикомпост – сборный компост на основе лигнина, дефеката и навоза – солома озимого тритикале – сборный компост на основе лигнина и дефеката – смесь жома и дефеката.

Применение полного минерального удобрения N₆₀₊₃₀ P₆₀ K₁₂₀ увеличило урожайность ярового тритикале на 24,5 ц/га при общей урожайности 65,1 ц/га, содержании сырого белка 12,2% и окупаемости 1 кг NPK 9,1 кг зерна.

Лучшие показатели продуктивности ярового тритикале получены в вариантах с последствием 60 т/га подстилочного навоза КРС и торфонавозного компоста в сочетании с N₆₀₊₃₀ P₆₀ K₁₂₀: урожайность зерна 72,9-75,0 ц/га, прибавка от внесения полного органоминерального удобрения 32,3-34,4 ц/га, содержание сырого белка 13,5-13,9%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавина, Т.М. Оптимизация приемов возделывания тритикале в Беларуси / Т.М. Булавина. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 224 с.
2. Гордей, И.А. Тритикале / И.А. Гордей. – Минск: Навука і тэхніка, 1992. – С. 18-23.
3. Лаптев, Ю.П. Феномен тритикале / Ю.П. Лаптев, В.М. Хлюпкин. – М.: Колос, 1992. – 143 с.
4. Технология возделывания ярового тритикале / С.И. Гриб [и др.]; НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Жодино, 2010. – 14 с.
5. Булавина, Т.М. Агротехнологические основы повышения эффективности производства зерна тритикале на дерново-подзолистых почвах: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Т.М. Булавина; БГСХА. – Горки, 2009. – 44 с.
6. Булавина, Т.М. Совершенствование технологии возделывания ярового тритикале / Т.М. Булавина // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – №2. – С. 13-16.
7. Кочурко, В.И. Урожайность ярового тритикале в зависимости от норм высева семян и минерального питания / В.И. Кочурко // Исследования полевых культур: сб. науч. тр. / БГСХА; редкол.: М.Е. Николае [и др.]. – Горки, 1997. – С. 22-24.
8. Кочурко, В.И. Урожайность, качество и кормовая ценность ярового тритикале / В.И. Кочурко, В.Н. Савченко // Аграрная наука. – 2000. – №9. – С. 14-15.
9. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
10. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / ред. С.С. Танкевич; Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2010. – 192 с.
11. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2009. – 278 с.
12. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
13. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
14. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.
15. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

PRODUCTIVITY OF SPRING TRITICALE DEPENDING ON APPLICATION OF FERTILIZERS ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

V.N. Bosak, O.N. Martsul

Summary

In research on sod-podzolic light loamy soil the first year of the aftereffect of various kinds of organic fertilizers has provided additional gathering of grain by 0,34-0,99 tha⁻¹

with the common productivity in the fertilized variants 6,85-7,50 tha^{-1} and crude protein content 12,4-13,9%. Application of full mineral fertilizer $\text{N}_{60+30}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ has increased productivity of spring triticale by 2,45 tha^{-1} with common productivity 6,51 tha^{-1} , the crude protein content 12,2% and a recouperment of 1 kg NPK of 9,1 kg grain.

Поступила 23 февраля 2011 г.

УДК 633.17:631.82:631.445.24

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПРОСА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.И. Сороко, Г.В. Пироговская, Д.В. Маркевич

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в структуре посевных площадей отмечается увеличение посевов проса – важной продовольственной культуры. Пшено проса содержит от 10 до 14% белка, примерно столько же, как у кукурузной и манной круп. Однако отмечается, что в годы с повышенной влагообеспеченностью белковость пшена может снижаться до 7-8% [1]. В пшенице проса отечественных сортов содержится в среднем 12% белка и 69% углеводов. Белок проса богат лейцином, треонином и метионином [2]. Состав белка и других качественных показателей зерна проса (содержание жира 2-4%) делают его незаменимым в производстве детского питания [1-3]. На почвах связного гранулометрического состава отмечено более высокое содержание белка в зерне проса по сравнению с рыхлосупесчаными почвами [4, 5].

В силу своих физиологических особенностей просо достаточно устойчиво к стрессовым погодным ситуациям, при наступлении благоприятных условий возобновляет вегетацию и накапливает значительную биомассу. Отмечено, что при смещении сроков сева с оптимальных на более поздние просо формирует урожайность зерна на 6-14% выше по сравнению с другими яровыми культурами [3, 4]. Просо лучше других зерновых культур использует влагу и очень отзывчиво на улучшение агротехнических приемов. В то же время нет данных по влиянию удобрений на качество проса в различные по влагообеспеченности годы [3, 4, 6-8, 12].

Высокая ценность продуктов из проса обуславливает интерес к изучению влияния различных факторов на качество зерна, в том числе системы удобрения с применением разных форм и доз азотных и комплексных удобрений на фоне последствия органических удобрений в условиях различной тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода, что и явилось целью наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение влияния минеральных и органических удобрений, на урожайность и качество проса Галинка и Белорусское проводилось на дерново-подзолистой супес-

чаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,35 м рыхлым песком, почве в Экспериментальной базе им. Суворова Узденского района Минской области. Исследования проводили в двух ротациях севооборота (в двух полях):

▶ первая ротация: сераделла (2001-2002 гг.) – гречиха (2002-2003 гг.) – картофель (2003-2004 гг.) – просо (2004-2005 гг.) – овес + горчица, промежуточная культура (2005-2006 гг.);

▶ вторая ротация: люпин узколистный + сераделла (2006-2007 гг.) – гречиха (2007-2008 гг.) – картофель (2008-2009 гг.) – просо (2009-2010 гг.) – овес + промежуточная культура (2010-2011 гг.).

Среднегодовые дозы органических удобрений в данных севооборотах составили 6 и 12 т/га (вносились под картофель в дозах 30 и 60 т/га).

Эффективность минеральных удобрений при возделывании проса изучалась на минеральной и органо-минеральной (первый год последствия соломистого навоза КРС) системах удобрения. В первой ротации севооборота применялись новые формы комплексных удобрений с добавками регулятора роста растений из лузги гречихи «феномелан» и карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» на фоне РК, во второй ротации – комплексные NPK с В, Fe и «феномеланом». В качестве базовых вариантов применялись смеси стандартных туков (карбамид стандартный, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий).

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта перед закладкой опытов была следующей: рН в KCl – 5,39-5,55, содержание подвижных соединений P_2O_5 – 239-310, K_2O – 274-295 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,63-2,69%.

Закладку и проведение полевых опытов, статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Содержание сырого протеина определяли умножением содержания общего азота на коэффициент 6,25, содержание критических (треонин, метионин) и незаменимых (треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) аминокислот – на жидкостном хроматографе «Agilent 1100». Биологическую ценность белка определяли расчетными методами. При определении биологической ценности содержание аминокислот в белке проса сравнивали с содержанием аминокислот в эталонных белках (белок куриного яйца, или так называемое «химическое число» и «аминокислотный скор» по шкале ФАО/ВОЗ) [9].

Температура воздуха и осадки по годам приведены по данным наблюдений в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия в период вегетации в значительной степени определяют эффективность применяемых систем удобрения и продуктивность сельскохозяйственных культур. Известно, что степень влияния погодных условий (доля метеофакторов в общей амплитуде колебаний урожайности) на урожайность сельскохозяйственных культур составляет около 45-55%, а на почвах легкого гранулометрического состава и более [10, 11]. Улучшение условий минерального питания может снизить негативное действие этого фактора на 4-10%, при этом улучшается качество полученного урожая [11].

Продолжительность вегетационных периодов проса в годы исследований была достаточной для получения биологически зрелого зерна, в частности: в 2004 г. – 107 дней (сев в первой декаде мая), в 2005 г. – 101 день (сев во второй декаде мая), в 2009 г. – 94 дня (посев в первой декаде мая, но после ливневых дождей в июне, поле было пересеяно 19 июня), в 2010 г. – 104 дня (сев в начале второй декады мая). Уборку проса проводили в августе (2004, 2005 и 2010 гг., в 2009 г. – 24 сентября).

Метеорологические условия в период возделывания проса в 2004-2005 и 2009-2010 гг. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура воздуха, осадки и гидротермический коэффициент за период май-август 2004-2005, 2009-2010 гг. (РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области)

Год	Показатели	Май	Июнь	Июль	Август	За 5-8 месяц
2004	Осадки, мм	27,2	60	85,1	170,7	343,0
	C.t ⁰ > 10 ⁰ C	242	445	563,1	575,8	1825,9
	ГТК	1,12	1,35	1,51	2,96	1,88
2005	Осадки, мм	106,2	33,2	72,1	156,8	368,3
	C.t ⁰ > 10 ⁰ C	321,1	472,2	608,1	553,7	1954,6
	ГТК	3,31	0,70	1,19	2,83	1,88
2009	Осадки, мм	69,2	255	119,3	61,6	505,1
	C.t ⁰ > 10 ⁰ C	387,5	480	592,1	517,7	1977,3
	ГТК	1,79	5,31	2,01	1,19	2,55
2010	Осадки, мм	89,70	68,9	68,8	88	315,4
	C.t ⁰ > 10 ⁰ C	469,2	560,6	713,1	651,5	2394,4
	ГТК	1,91	1,23	0,96	1,35	1,32
Средне-много-летнее	Осадки, мм	61	81	90	83	315
	C.t ⁰ > 10 ⁰ C	384,4	483,0	545,6	505,3	1918,3
	ГТК	1,59	1,68	1,65	1,64	1,64

Вегетационные периоды при возделывании проса в 2004-2005 и 2009 гг. были влажными, гидротермический коэффициент (ГТК) составил: в 2004 г. – 1,88, в 2005 – 1,88 и в 2009 г. – 2,55. Вегетационный период в 2010 г. характеризуется как слабозасушливым, ГТК – 1,32, при среднемноголетнем – 1,64. Однако в годы исследований осадки по месяцам выпадали неравномерно и ГТК в период май-август изменялся в пределах: в 2004 г. – от 1,12 до 2,96, 2005 – от 0,70 до 3,31, 2009 – 1,19-5,31 и 2010 г. – 0,96-1,91, при среднемноголетнем – от 1,59 до 1,68.

Сумма температур выше 10⁰C за вегетационный период в 2004 г. была несколько ниже (на 5%) среднемноголетней соответственно в 2005 и 2009 гг. – выше на 2-3%, а в 2010 г. – выше на 25%.

Приведенные данные показывают, что выпадение осадков в период активного накопления биомассы проса в июне-июле 2004 г. было равномерным и составило 74-95% от нормы, что способствовало формирования достаточно высокого урожая зерна. Осадки за этот же период в 2005 г. составили 41-80% от среднемноголетних, июньская засуха резко снизила урожай зерна в удобренных вариантах. Исследованиями Т.А. Анохиной также подтверждается, что при дефиците осадков в этот период эффективность применения удобрений под просо снижается [12].

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Установлено, что при одинаковых формах и дозах применения минеральных удобрений под просо в течение двух ротаций севооборота уровень урожайности в большей степени изменялся от условий года, чем от форм применяемых удобрений. Так, засушливые погодные условия в июне и июле 2005 г. снизили, по отношению к 2004 г., урожайность зерна проса в вариантах с внесением стандартных форм удобрений на 11,0 ц/га (33,4%), а на фоне комплексных удобрений с регулятором роста растений «феномелан» – на 7,3 ц/га (22,1%). В то же время применение комплексных удобрений с добавками регулятора роста растений «феномелан» по сравнению со смесями стандартных туков обеспечило увеличение урожайности только на 3,8 ц/га, или 17,4%.

В 2009 и 2010 гг. прибавка от комплексных удобрений NPK с B, Fe и «феномеланом» составила 2,8-2,9 ц/га, или 10,3-9,2% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние погодных условий и комплексных удобрений на качество зерна проса, возделываемого на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в 2004-2005 и 2009-2010 гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Сырой протеин, %	Сумма аминокислот, г/кг зерна		Содержание аминокислот в белке, мг/г белка		Аминокислотный скор, %	
			АКкр*	АКнез**	АКкр	АКнез	АКкр	АКнез
2004 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	32,9	11,1	7,10	37,22	62,8	329,0	99,2	124,0
НРК комплексное с «феномеланом»	33,0	11,3	7,26	37,65	64,2	333,2	99,7	123,2
НСР ₀₅	2,3	0,42	-	-	-	-	-	-
2005 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	21,9	10,4	5,70	32,23	54,8	309,9	89,4	116,4
НРК комплексное с «феномеланом»	25,7	10,6	6,09	33,92	57,5	320,0	93,5	119,5
НСР ₀₅	1,6	0,46	-	-	-	-	-	-
2009 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	28,3	9,9	6,10	33,26	61,8	336,8	101,4	124,9
НРК комплексное с B, Zn, Fe и «феномеланом»	31,2	10,3	6,07	33,62	58,9	326,4	95,7	120,5
НСР ₀₅	2,2	0,48	-	-	-	-	-	-
2010 г.								
НРК (смесь стандартных туков)	30,2	9,3	5,10	29,47	54,8	316,9	90,1	117,1
НРК комплексное с B, Zn, Fe и «феномеланом»	33,0	9,2	5,42	30,86	58,9	335,4	97,1	124,2
НСР ₀₅	1,6	0,62	-	-	-	-	-	-

АКкр* – критические аминокислоты.

АКнез** – незаменимые аминокислоты.

Качество зерна проса в вариантах с указанными выше удобрениями при изменении погодных условий представлено в табл. 2 и на рис. 1.

Содержание протеина в зерне колебалось от 9,2 до 11,3%. В вариантах с комплексными удобрениями оно было более высоким (на 0,2-0,4%) в сравнении со смесями стандартных удобрений (табл. 2).

Сравнение изучаемых показателей качества зерна проса в различные по метеорологическим условиям годы показало, что комплексные удобрения с регулятором роста растений «феномелан» снижают негативное действие погоды в критические периоды развития по сравнению со смесями стандартных туков. Так, в варианте с комплексными удобрениями содержание суммы критических аминокислот в 2005 г. составляло 6,09 г/кг зерна, что было ниже, чем в 2004 г. на 1,17 г/кг зерна, или на 16,1%, соответственно в варианте со смесью NPK – ниже на 1,40 г/кг зерна, или на 19,7%. Аналогичная закономерность прослеживалась и по сумме незаменимых аминокислот, в частности снижение их содержания на фоне комплексных удобрений с «феномеланом» составило 9,9, а на фоне стандартных туков – на 13,4%.

Содержание критических аминокислот в 1 г белка на комплексных удобрениях в 2004 г. составило 64,2 и в 2005 г. – 57,5 мг/г (ниже на 6,7 мг/г, или 10,4% по сравнению с 2004 г.) соответственно, незаменимых аминокислот – 333,2 и 320 мг/г (ниже на 13,2 мг/г, или 4,0%). Значения этих показателей в варианте со стандартными удобрениями были следующие: критических аминокислот в 1 г белка в 2004 г. – 62,8 и в 2005 г. – 54,8 мг/г, или на 12,7% ниже уровня 2004, незаменимых аминокислот – 329,0 и 309,9 мг/г, или на 5,8% ниже.

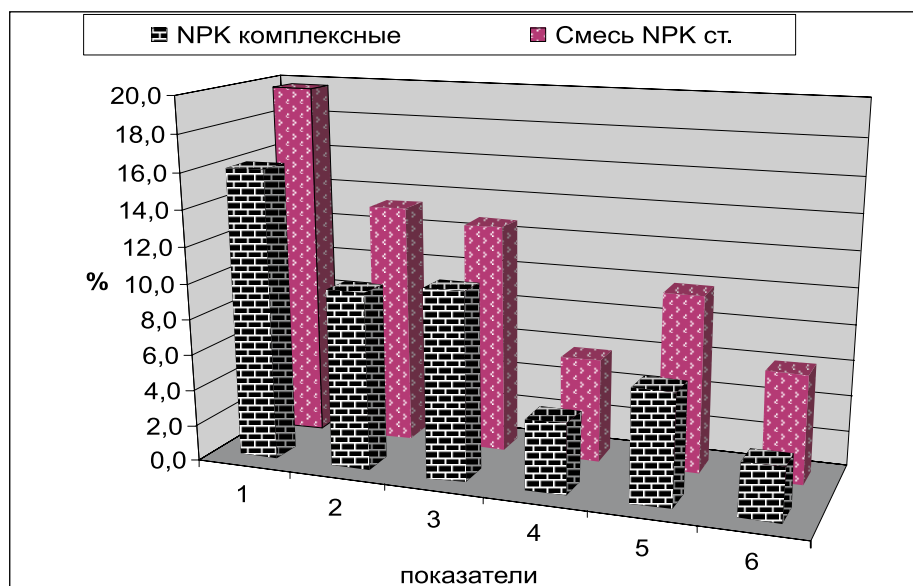
Аминокислотный скор критических аминокислот снижался в такой же закономерности: на фоне применения комплексных удобрений с регулятором роста растений от 99,7 (2004 г.) до 93,5 (2005 г.), на фоне стандартных туков с 99,2 (2004 г.) до 89,4% (2005 г.), скор незаменимых аминокислот – от 123,2 до 119,5 и от 124,0 до 116,4%. Следовательно, постоянно прослеживалось положительное действие комплексных удобрений на «устойчивость» качественных показателей белка проса при неблагоприятных погодных условиях 2005 г. (засушливые погодные условия в июне и июле) (табл. 1, 2).

Более наглядное снижение качественных показателей зерна проса в 2005 г. по отношению к 2004 г. представлено на рис. 1.

В первой ротации севооборота (2004-2005 гг.) урожайность зерна проса изменялась также в зависимости от применяемой системы удобрения (органической, минеральной и органо-минеральной) и составляла: на минеральной системе при внесении карбамида стандартного (N_{60}) на фоне $P_{40}K_{90}$ в 2004 и 2005 гг. – 32,9 и 21,9 ц/га; органической (6 т/га, первый год последствия) – 31,4 и 20,8 и органо-минеральной системе удобрения – с применением стандартных форм карбамида (N_{60}) – 32,6 и 27,2, а карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» (N_{60}) – 34,3 и 28,6, а при дозе N_{90} – 35,2 и 27,0 ц/га.

Прибавка урожая от азотных стандартных удобрений на минеральной системе удобрения к фону РК составила 6,3 (2004 г.) и 2,5 (2005 г.). Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» в дозе N_{60} кг/га д.в на органо-минеральной системе удобрения при возделывании проса обеспечивало тенденцию повышения урожайности зерна на 1,4-1,7 ц/га, по сравнению со стандартным карбамидом. Повышение дозы карбамида с регулятором роста растений до N_{90} не

обеспечивало дальнейшего увеличения урожайности зерна проса, по сравнению с N_{60} (табл. 3).



1 – сумма критических аминокислот в зерне проса; 2 – сумма незаменимых аминокислот в зерне проса; 3 – содержание критических аминокислот в белке проса; 4 – содержание незаменимых аминокислот в белке проса; 5 – аминокислотный скор критических аминокислот; 6 – аминокислотный скор незаменимых аминокислот

Рис. 1. Снижение показателей качества зерна проса в 2005 г. по отношению к 2004 г.,%

Качество зерна проса также в большей степени зависело от внесения азотных удобрений и в 2004 г. их действие на аминокислотный состав было наиболее выраженным.

Сумма критических аминокислот в варианте без удобрений составила 5,69 г/кг, незаменимых – 30,67 г/кг зерна. Фосфорные и калийные удобрения (фон) повышали уровень критических аминокислот на 0,47 г/кг, или 8,3% к контролю без удобрений, азотные, на фоне РК, повышали его на 1,41 г/кг зерна, или 24,8%. Последствие органических удобрений также было эффективным и увеличило содержание суммы критических аминокислот на 1,24 г/кг зерна, или 21,8%. Органо-минеральная система удобрения не приводила к дальнейшему росту суммы критических аминокислот по сравнению с минеральной. Такая же закономерность наблюдается и по содержанию незаменимых аминокислот.

Внесение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» на фосфорно-калийном фоне при органо-минеральной системе удобрения повышало содержание суммы критических и незаменимых аминокислот на 0,18 и 0,61 г/кг зерна, в сравнении с карбамидом стандартным. Увеличение дозы карбамида с N_{60} до N_{90} привело к снижению содержания аминокислот на 5,1-4,0% (табл. 3).

В 2005 г. сумма критических и незаменимых аминокислот в варианте без удобрений была такой же, как и в 2004 г. – 5,77 и 30,86 г/кг зерна, но в удобренных вариантах количество их было меньшим.

Влияние системы удобрения на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве на урожайность и на аминокислотный состав проса Галинка, г/кг зерна, 2004-2005 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								критических	незаменимых
2004 г.									
Без удобрений	22,3	3,49	2,21	5,14	3,69	10,82	5,34	5,69	30,67
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	26,6	3,95	2,21	5,16	3,76	10,97	5,39	6,16	31,44
N ₆₀ ст + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	32,9	4,53	2,57	5,99	4,41	13,16	6,56	7,10	37,22
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	31,4	4,38	2,55	5,94	4,3	12,79	6,29	6,93	36,25
Органо-минеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ ст. + P ₄₀ K ₉₀ стандартные	32,6	4,53	2,31	5,84	4,46	13,41	6,53	6,84	37,08
ОУ ₁ + N ₆₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	34,3	4,39	2,63	6,14	4,5	13,46	6,57	7,02	37,69
ОУ ₁ + N ₉₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	35,2	4,50	2,23	5,96	4,41	13,01	6,35	6,73	36,46
НСР ₀₅	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-
2005 г.									
Без удобрений	16,4	3,1	2,67	4,63	3,91	10,91	5,64	5,77	30,86
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	19,4	3,18	2,54	5,01	3,53	10,65	6,63	5,72	31,54
N ₆₀ ст + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	21,9	3,09	2,61	5,01	3,52	11,35	6,65	5,70	32,23
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	20,8	3,24	2,73	5,13	4,17	11,72	5,99	5,97	32,98
Органо-минеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ ст + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	27,2	3,38	2,75	5,36	4,31	12,02	6,08	6,13	33,90
ОУ ₁ + N ₆₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	28,6	3,32	2,79	5,39	4,39	12,07	6,24	6,11	34,20
ОУ ₁ + N ₉₀ с «гидрогуматом» + P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	27,0	3,31	2,68	5,21	4,15	11,5	5,79	5,99	32,64
НСР ₀₅	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-

* Критические аминокислоты

Содержание незаменимых аминокислот в зерне проса увеличивалось как при минеральной, так и при органической и органо-минеральной системе удобрения, по сравнению с контрольным вариантом: на фоне РК – на 0,68 г/кг зерна, NPK – 1,37 г/кг, последствие органических удобрений (ОУ) – 2,12 г/кг, ОУ + NPK – 3,04 г/кг, или на 2,2%, 4,5, 6,9 и 9,9% соответственно. Карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» повышал содержание незаменимых аминокислот на 0,30 г/кг зерна по сравнению с карбамидом стандартным.

Содержание критических аминокислот, по сравнению с контролем, при минеральной системе удобрения не возрастало, при органической увеличивалось на 0,20 г/кг зерна (3,5%), а при органо-минеральной с применением карбамида стандартного и карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» – на 0,36-0,34 г/кг зерна. Увеличение дозы карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» с N₆₀ до N₉₀ снижало содержание критических и незаменимых аминокислот на 2,1-5,1% (табл. 3).

Приведенные данные свидетельствуют, что азотные, а также фосфорные и калийные удобрения в оптимальном 2004 г оказали более сильное положительное влияние не только на урожай, но и на показатели качества. Карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» по сравнению со стандартным был эффективен, и повышал содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне проса в оба года исследований.

Содержание сырого протеина в зерне проса на контроле и при внесении фосфорных и калийных удобрений в 2004 и 2005 гг. различалось незначительно. Однако в оптимальном 2004 г. оно было более высоким, а в вариантах с внесением минерального азота на фоне РК, и особенно при органо-минеральной системе удобрения возрастало до 11,1-11,8%. В 2005 г. в этих вариантах содержание протеина составляло 10,4-10,6%. Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» повышало содержание сырого протеина на 0,2-0,4% в сравнении с карбамидом стандартным (табл. 4).

Расчеты показали, что при более благоприятных погодных условиях в 2004 г. сбор белка и аминокислот с 1 га был выше, чем в 2005 г. Например, в 2004 г. на фоне фосфорных и калийных удобрений сбор белка составил 220 кг/га, аминокислот – 72 кг/га, что по белку выше на 38 кг/га (20,7%), а по сумме незаменимых аминокислот – на 13 кг/га (21,9%), чем на контроле. Карбамид стандартный на фоне РК при минеральной системе удобрения повысил их сбор на 132 кг/га и 46 кг/га. Максимальный сбор белка наблюдался при органо-минеральной системе удобрения: при внесении карбамида стандартного – 348 кг/га, при внесении карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» – 358 кг/га. В 2005 г. сбор белка составил 60-75% от уровня 2004 г., в частности: при минеральной системе удобрения – 196 кг/га, органо-минеральной с карбамидом стандартным – 243 кг/га, а в варианте с карбамидом с регулятором роста растений «гидрогумат» – 261 кг/га. Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» в оба года исследований обеспечивало повышение сбора белка на 28-18 кг/га (8,8-7,4%), сбора аминокислот на 7-5 кг/га (6,7-6,3%) по сравнению с обычным карбамидом. Увеличение дозы модифицированного карбамида не приводило к увеличению сбора белка.

Расчет биологической ценности белка проса, сравнение его с белком куриного яйца (химическое число) и со шкалой ФАО/ВОЗ (аминокислотный скор) показал, что в целом биологическая ценность высокая и по незаменимым аминокислотам даже превышает ценность «идеального белка», незначительно различаясь по годам исследований (табл.4).

Удобрения в 2004 г. повышали биологическую ценность белка по отношению к контролю. В 2005 г. увеличения этих показателей при внесении удобрений не наблюдалось. Карбамид с регулятором роста растений «гидрогумат» в оба года не повышал показатели «химическое число» и «аминокислотный скор» по сравнению со стандартным карбамидом. При дозах карбамида N_{60} и N_{90} показатели биологической ценности белка пшеницы находились в близких пределах (табл.4).

Таблица 4

Влияние системы удобрения на урожай и качество пшеницы Галинка, 2004-2005 гг.

Вариант	Сырой протеин, %	Сбор белка	Сбор АКнез*	Биологическая ценность белка			
				химическое число	аминокислотный скор		
		кг/га		%			
2004 г.							
Без удобрений	9,5	182	59	68,0	91,5	94,2	119,5
Минеральная система удобрения							
$N_{11}P_{40}K_{90}$ (фон)	9,6	220	72	72,2	92,9	99,1	121,0
N_{60} ст. + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,1	314	105	72,2	95,1	99,2	124,0
Органическая система удобрения							
6 т/га $OУ_1$	10,5	284	98	74,6	97,9	102,7	127,7
Органо-минеральная система удобрения							
$OУ_1$ + N_{60} ст. + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,4	320	104	67,4	91,8	91,9	119,3
$OУ_1$ + N_{60} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,8	348	111	67,3	90,4	92,9	117,9
$OУ_1$ + N_{90} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	11,8	358	110	64,0	87,2	87,0	113,3
$НСР_{05}$	0,42	-	-	-	-	-	-
2005 г.							
Без удобрений	9,4	133	44	70,8	93,8	100,4	123,4
Минеральная система удобрения							
$N_{11}P_{40}K_{90}$ (фон)	10,1	169	53	65,0	89,3	91,7	118,0
N_{60} ст + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,4	196	61	63,1	88,1	89,4	116,4
Органическая система							
6 т/га $OУ_1$	9,5	170	59	72,4	98,8	102,5	129,9
Органо-минеральная система удобрения							
$OУ_1$ + N_{60} ст. + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,4	243	79	67,8	92,8	95,7	121,7
$OУ_1$ + N_{60} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,6	261	84	66,2	91,7	93,8	120,4
$OУ_1$ + N_{90} с «гидрогуматом» + $P_{40}K_{90}$ (стандартные)	10,1	234	76	68,2	92,1	96,2	120,8
$НСР_{05}$	0,46	-	-	-	--	-	-

АКнез* – сбор незаменимых аминокислот

Во второй ротации севооборота в 2009-2010 гг. изучалось влияние стандартных и новых форм комплексных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество зерна проса Белорусское.

Урожайность на контроле в 2009 г. составила 23,4 ц/га, при минеральной системе удобрения с применением стандартных форм удобрений – 28,3 ц/га, при органо-минеральной системе удобрения – 32,7-32,8 ц/га. Смесь стандартных удобрений на минеральной системе удобрения повышала урожайность зерна проса на 4,9 ц/га, последствие органических удобрений – на 2,4 ц/га, NPK при органо-минеральной системе – на 6,9-7,0 ц/га. Увеличение дозы комплексных удобрений с 190 кг/га д.в. до 285 кг/га, на фоне органических, не дало прибавки урожая зерна. В 2010 г. прибавка от стандартных удобрений при минеральной системе удобрения составила 13,1 ц/га (на контроле 19,9 ц/га), от стандартных и комплексных при органо-минеральной системе удобрения – 10,9 и 13,7 ц/га. При этом комплексные удобрения повышали урожайность на 2,8 ц/га к уровню стандартных. Увеличение дозы комплексных NPK даже снизило урожайность проса на 2,3 ц/га (табл.5).

Все удобрения, применяемые в опыте, повышали содержание аминокислот в зерне в оба года исследований. В 2009 г. содержание критических и незаменимых аминокислот на контроле составило 5,23 и 32,11 г/кг зерна. На фоновом варианте содержание критических и незаменимых аминокислот повышалось на 0,24 и 0,36 г/кг зерна, на NPK стандартных (в зависимости от системы удобрения) – на 0,87-1,07 и 0,71-1,15 г/кг зерна, соответственно на комплексных с микроэлементами – на 1,25-1,43 и 1,69-2,72 г/кг зерна по сравнению с контролем. Наибольшее содержание критических и незаменимых аминокислот наблюдалось при органо-минеральной системе с комплексными удобрениями – 6,66 и 33,80 мг/кг зерна, с прибавкой к контролю 1,43 и 1,69 г/кг зерна, или 27,3 и 5,3%.

В 2010 г. в вариантах с внесением РК (фон) и NPK стандартных при минеральной системе удобрения содержание критических аминокислот не изменялось, а незаменимых увеличивалось на 2,2-4,5%. При органо-минеральной системе удобрения содержание критических аминокислот возрастало на 0,22-0,36 г/кг зерна, или 3,8-6,2%, и незаменимых – на 1,78-3,34 г/кг зерна, или 5,8-10,9%. Увеличение дозы комплексного удобрения с $N_{60}P_{40}K_{90}$ до $N_{90}P_{60}K_{135}$ в оба года исследований обеспечивало незначительное увеличение содержания суммы незаменимых аминокислот в зерне (на 0,12-1,03 г/кг, или 0,4-3,1%) (табл. 5).

Внесение удобрений оказало положительное влияние на содержание сырого протеина, сбора белка и суммы аминокислот. В 2009 г. содержание протеина в зерне проса на контроле составляло 9,6%, на фосфорно-калийных удобрениях и смесях стандартных NPK повышалось на 0,1-0,3%, а при органо-минеральной системе удобрения со смесями стандартных туков и комплексными удобрениями с микроэлементами и регулятором роста растений возросло на 1,1 и 1,7% – до 10,7-11,3%. Значительное увеличение содержания белка в зерне проса при органо-минеральной системе удобрения с применением стандартных и комплексных удобрений с модифицирующими добавками повысило сбор белка до 302 и 319 кг/га, что на 61-77 кг/га или 25,5-31,9% выше, чем при минеральной системе удобрения. Прибавка от комплексных удобрений составила

Влияние системы удобрения на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве на аминокислотный состав проса Белорусское, г/кг зерна. 2009 -2010 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Треонин*	Метионин*	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								критических	незаменимых
2009 г.									
Без удобрений	23,4	2,37	2,86	4,86	4,07	12,44	5,51	5,23	32,11
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	26,7	2,85	2,62	4,86	4,08	12,51	5,55	5,47	32,47
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	28,3	3,24	2,86	4,88	4,1	12,57	5,61	6,10	33,26
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	25,8	3,23	2,84	4,90	4,10	12,32	5,46	6,07	32,84
Органо-минеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	32,8	3,45	2,85	4,97	4,12	12,09	5,34	6,30	32,82
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	32,7	3,69	2,97	5,1	4,26	12,25	5,53	6,66	33,80
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	32,8	3,51	2,97	5,34	4,33	12,86	5,82	6,48	34,83
НСР ₀₅	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-
2010 г.									
Без удобрений	19,9	2,53	1,96	4,33	3,77	11,04	4,82	4,49	28,45
Минеральная система удобрения									
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	23,0	2,61	2,2	4,4	3,84	11,12	4,85	4,81	29,02
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	30,2	2,69	2,41	4,46	3,91	11,1	4,9	5,10	29,47
Органическая система удобрения									
6 т/га ОУ ₁	23,1	2,65	2,38	4,41	3,88	10,98	4,78	5,03	29,08
Органоминеральная система удобрения									
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	34,0	2,81	2,55	4,67	4,06	11,75	5,12	5,36	30,96
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	36,8	2,78	2,54	4,71	4,14	11,96	5,25	5,32	31,38
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	34,5	2,79	2,67	4,68	4,16	11,93	5,27	5,46	31,50
НСР ₀₅	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-

* – критические аминокислоты

Влияние системы удобрения на урожай и качество проса Белорусское, 2009-2010 гг.

Вариант	Сырой протеин, %	Сбор белка кг/га	Сбор АКнез*	Биологическая ценность белка, %			
				химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	Акн	АКкр	Аккр
2009 г.							
Контроль без удобрений	9,6	193	65	64,2	94,3	93,3	124,2
Минеральная система удобрения							
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	9,7	223	75	65,3	94,1	93,1	123,3
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	9,9	241	81	71,3	95,2	101,4	124,9
Органическая система удобрения							
6 т/га ОУ ₁	9,6	213	73	72,9	96,8	103,6	126,9
Органо-минеральная система удобрения							
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	10,7	302	93	67,7	87,1	95,8	114,1
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	11,3	318	95	67,7	85,2	95,6	111,7
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	11,3	319	98	66,1	87,3	93,6	114,5
2010 г.							
Контроль без удобрений	8,3	142	49	62,0	95,7	87,3	124,7
Минеральная система удобрения							
N ₁₁ P ₄₀ K ₉₀ (фон)	8,6	170	57	64,4	94,7	91,2	123,7
N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (смесь простых удобрений)	9,3	242	77	63,4	89,4	90,1	117,1
Органическая система удобрения							
6 т/га ОУ ₁	9,2	183	58	63,2	89,2	89,9	116,7
Органо-минеральная система удобрения							
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ (стандартные)	9,6	281	91	64,5	90,9	91,9	119,0
ОУ ₁ + N ₆₀ P ₄₀ K ₉₀ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	9,9	313	99	62,1	89,2	88,6	116,8
ОУ ₁ + N ₉₀ P ₆₀ K ₁₃₅ комплексные НРК с В, Fe и «феномеланом»	9,7	288	93	65,3	91,7	93,3	120,2

АКнез* – сбор незаменимых аминокислот

16 кг/га белка (5,3%). Биологическая ценность белка была примерно на уровне простых форм удобрений. Увеличение дозы комплексных удобрений от 190 до 285 кг/га д.в. не влияло на величину сбора белка и незаменимых аминокислот, а также биологическую ценность белка проса (табл. 6).

Такая же закономерность по сбору белка наблюдалась и в 2010 г., увеличение сбора белка в варианте с комплексными удобрениями при органо-минеральной системе, в сравнении со стандартными туками, составило 32 кг/га или 11,4%. Увеличение дозы комплексных удобрений не увеличило сбор белка, однако наблюдался некоторый рост показателей его биологической ценности: химическое число критических и незаменимых аминокислот повышалось на 3,2-2,5%, аминокислотный скор – на 4,7-3,4% (табл. 6).

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах при выпадении осадков в период активного нарастания биомассы проса (июнь-июль) в пределах 74-96% от среднемесячной нормы урожайность проса на органо-минеральной системе удобрения составляла 32,6-35,2 ц/га. При выпадении в этот период осадков на уровне 40-80% от среднемесячной нормы урожайность снижалась до 27,2-28,6 ц/га. Новые формы комплексных удобрений с регулятором роста «феномелан» способствовали снижению негативного действия погодных условий, увеличивая урожайность проса на 3,8 ц/га при одновременном улучшении качества зерна.

2. Применение карбамида с регулятором роста растений «гидрогумат» при возделывании проса в первой ротации севооборота при органо-минеральной системе удобрения обеспечило повышение урожая зерна на 1,7-1,4 ц/га, содержание протеина на 0,2-0,4% и его сбор на 18-28 кг/га (7,4-8,8%) по сравнению со стандартным карбамидом. При этом сумма критических и незаменимых аминокислот в зерне повышалась на 0,18 и 0,30-0,61 г/кг. Ценность белка по незаменимым аминокислотам находилась на уровне норм, рекомендованных ФАО/ВОЗ. Увеличение дозы модифицированного карбамида с N_{60} до N_{90} на фоне $P_{40}K_{90}$ не было эффективным.

3. Внесение во второй ротации севооборота новых форм комплексных НРК с В, Fe и регулятором роста «феномелан» ($N_{60}P_{40}K_{90}$) при органо-минеральной системе удобрения повышало урожайность зерна проса на 2,8 ц/га (8,2%), увеличивало содержания белка в зерне на 0,3-0,6%, сбор белка на 16-32 кг/га (5,3-11,4%), содержание критических аминокислот – на 0,36 и незаменимых – на 0,42-0,98 г/кг/зерна (от 5,7 до 3,0%). Увеличение дозы комплексных удобрений с микроэлементами от $N_{60}P_{40}K_{90}$ до $N_{90}P_{60}K_{135}$ (с 190 кг/га д.в. до 285 кг/га) не приводило к увеличению урожайности зерна и сбора белка с 1 га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов, А.А. Просо / А.А. Корнилов. – Москва: Сельхозгиз, 1957. – 255 с.
2. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

3. Лысов, В.Н. Просо / В.Н.Лысов // Культурная флора СССР: в 3 т.; под ред. А.А.Корнилова. – Л.: Колос, 1975. – С.124-236.
4. Анохина, Т.А. Урожайность и питательная ценность зерна и соломы яровых зерновых культур в зависимости от сроков сева / Т.А. Анохина, В.П. Цыбульский // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2007. – Вып. – 43. – С.132-141.
5. Лапа, В.В. Влияние минеральных удобрений на качество зерна проса при возделывании на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / В.В.Лапа, М.М. Ломонос // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – №1(38). – С.106-112.
6. Кравцов, В.А. Просо – культура урожайная / В.А. Кравцов, З.И. Евдокименко, С.В. Кравцов // Рекомендации по внедрению законченных научно-исследовательских разработок в сельскохозяйственное производство области. – Гомель. – 1999. – С.3-5.
7. Технология производства продукции растениеводства / под ред. В.Ф. Мальцева, М.К. Каюллова // Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 601 с..
8. Кадыров, Р.М. О возможностях возделывания пайцзы в Беларуси / Р.М. Кадыров, Т.А. Анохина, С.В. Кравцов // Земляробства і ахова раслін. – №6. – 2006. – С.4-7.
9. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.] – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2005. – 14 с.
10. Гольберг, М.А. Опасные явления погоды и урожай / М.А. Гольберг, Г.В. Волобуева, А.А. Фалей. – Минск: Ураджай, 1988. – 120 с.
11. Лапа, В.В. Урожайность и качество зерновых культур в севообороте при разных системах удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда белорусского общества почвоведов, Минск, 25-29 июня 2001 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2001. – Ч. 2. – С.164-166.
12. Анохина, Т.А. Значение некоторых агроприемов в формировании зерна проса на юго-западе Беларуси / Т.А. Анохина, Е.М. Чирко // Земледелие и селекция в Беларуси. – Минск. – 2005. – Вып. 41. – С.79-87.

**IMPACT OF FERTILIZERS ON YIELD AND QUALITY
OF A GRAIN OF MILLET AT CULTIVATION
ON PODZOLUVSOL LOAMY
SAND SOIL**

V.I. Soroko, G.V. Pirogovskaya, D.V. Markevich

Summary

The investigation results in a stationary field experiment on the luvisol loamy sand soil during the two cycles of crop rotation are presented. It is found due to research results that the composite fertilizer including regulator of growth and micronutrients and carbamid with regulator of growth has ensured the higher contents of critical and

irreplaceable amino acids in millet grain in comparison with standart fertilizers mixed. The maximum tax of crude protein and irreplaceable amino acids was in years with optimum moisture degree in variants with new forms of fertilizers.

The new forms fertilizers application does not reduced biological value («amino acid scor») of millet grain there is above than norms recommended by FAO/WHO.

Поступила 25 апреля 2011 г.

УДК 631.438:633.17:631.445.2

УРОЖАЙНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ ¹³⁷CS И ⁹⁰SR В ЗЕРНЕ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ПРОСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Э.М. Батыршаев, И.М. Богдевич

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в Республике Беларусь просо обыкновенному (*Panicum miliaceum* L.) уделяется большое внимание как важной продовольственной и кормовой культуре.

Ежегодная потребность республики в зерне проса составляет 100-120 тыс. т (в том числе 40-45 тыс. т крупы) [1].

Валовой сбор зерна зависит от культур и сортов, адаптированных к конкретным погодно-климатическим условиям. В последние годы в структуре посевных площадей отмечается увеличение площадей проса. Это связано с тем, что в республике, особенно в южных районах, практически через год наблюдается засуха различной интенсивности, а данная культура относится к числу засухоустойчивых [2, 3]. Наряду с засухоустойчивостью, достоинствами этой культуры являются такие качества как мелкосемянность, скороспелость, широкая амплитуда сроков сева, длительность хранения семян, в силу чего оно является прекрасной страховой культурой в случае гибели посевов озимых или ранних яровых культур [4].

Просо – ценная крупяная культура. Крупа проса по содержанию белка (12-14%) занимает одно из первых мест среди других крупяных культур, а по содержанию жира (3,5%) уступает только овсяной крупе. Пшено богато зольными элементами, особенно фосфором и магнием, микроэлементами, важнейшими витаминами: тиамином (B₁), рибофлавином (B₂), никотиновой и фолиевой кислотами. Отличается хорошими вкусовыми качествами, быстрой развариваемостью. По калорийности крупа проса приравнивается к рисовой и гречневой крупам (325 ккал в 100 г крупы). Привар крупы составляет 12–13%, что вдвое больше, чем у риса [5-7].

Зерно широко используется в свиноводстве и птицеводстве, при этом у кур повышается яйценоскость и прочность скорлупы. Просьяная солома по кормовой

ценности приравняется к луговому селу среднего качества: 1 кг эквивалентен 0,41 к.ед. [8, 9].

Зерно проса используют в винокуренном и крахмальном производствах, а также, как добавку к солоду при приготовлении пива [5].

Одним из приемов, способствующим снижению концентрации радионуклидов в сельскохозяйственных растениях, является подбор культур и сортов, которые в однородных условиях в силу своих биологических особенностей способны в меньших количествах накапливать радионуклиды [10-13].

Исследования видовых и сортовых особенностей сельскохозяйственных культур показали, что накопление ^{137}Cs основными сельскохозяйственными культурами различается до 100 и более раз, а накопление ^{90}Sr – до 30 раз при равной плотности загрязнения почв. Сортовые различия зерновых культур, картофеля и овощных культур по накоплению радионуклидов не превышают 1,5-3 раза [11].

Несмотря на то, что межсортовые различия в накоплении радионуклидов значительно меньше, чем межвидовые, их также необходимо учитывать при подборе культур для возделывания на загрязненной ^{137}Cs и ^{90}Sr почве. Возделывание сортов сельскохозяйственных культур с минимальной способностью накапливать радионуклиды позволяет без дополнительных затрат сокращать потоки радионуклидов по пищевым цепям [14]. Просо в этом плане остается малоизученной культурой.

Поэтому актуальным является установление уровня накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr зерном различных сортов проса. Данные 2008-2010 гг. исследований Гомельского территориального отдела сельскохозяйственной радиологии РУП «Институт почвоведения и агрохимии» указывают на перспективность производства проса на продовольственные цели на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых супесчаных почвах Гомельской области.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr зерном различных сортов проса проводили в 2008-2010 гг. в полевых опытах на территории КСУП «Дубовый Лог» Добрушского района Гомельской области.

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины до 1 м. Агрохимические показатели почвы пахотного горизонта до закладки опытов показывают, что почва опытного участка характеризовалась слабокислой реакцией почвенной среды (5,67), недостаточным содержанием гумуса (1,9%), повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора (248 мг/кг), низким содержанием подвижного калия (124 мг/кг). Обеспеченность почвы обменным кальцием была средней (985 мг/кг), обменным магнием – повышенной (247 мг/кг).

Плотность загрязнения почвы: ^{137}Cs – 590-640 кБк/м² (15,9-17,3 Ки/км²) и ^{90}Sr – 10,8 кБк/м² (0,29 Ки/км²).

Посев проведен в оптимальные сроки сева для южной части республики сплошным рядовым способом. Норма высева – 4,0 млн. всхожих семян на гектар.

В опыте использовались следующие виды минеральных удобрений: карбамид (46% N), аммонизированный суперфосфат (8% N и 30% P₂O₅) и хлористый калий

(60% K₂O). Внесение минеральных удобрений (N₉₀P₉₀K₁₂₀) осуществлялось вручную под предпосевную культивацию.

По состоянию на 2011 г. в «Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород» Республики Беларусь включено 9 среднеспелых сортов проса: Быстрое (стандарт), Надежное, Галинка, Белорусское, Славянское, Мирское, Свицязянское, Днепроvское и Гомельское.

Исследуемые сорта: Быстрое, Славянское, Галинка, Надежное, Днепроvское и Гомельское были высеяны на фоне минеральных удобрений в дозе N₉₀P₉₀K₁₂₀ в трехкратной повторности. Общая площадь делянки составила 8 м².

Обработка посевов проса гербицидом «Линтур» проводилась в начале фазы кушения культуры в дозе 120 г/га ранцевым опрыскивателем.

Основные агрохимические показатели почвы определены по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); обменная кислотность рН_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91); обменные кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 (ГОСТ 26487-85).

Для определения параметров накопления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr (коэффициентов пропорциональности Кп) для зерна проса в 2008-2010 гг. проведен отбор почвенных и растительных образцов в опытных посевах.

Содержание ¹³⁷Cs в образцах определено на γ-β-спектрометрическом комплексе МКС-АТ-1315 по методике МВИ.МН 1181-2007 с погрешностью не более 20%. Удельная активность золы растений по ⁹⁰Sr определена на β-спектрометрическом комплексе «Прогресс БГ» с погрешностью не более 50%, почвы – радиохимическим методом по методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на β-спектрометрическом комплексе «Прогресс БГ» с погрешностью не более 30%.

Для количественной оценки поступления радионуклидов из почвы в растения рассчитаны коэффициенты пропорциональности, или перехода (Кп): $Kп = (Бк/кг):(кБк/м^2)$, с учетом плотности загрязнения каждой делянки.

Полученные данные обработаны дисперсионным и корреляционно-регрессионными методами анализа по Б.А. Доспехову [15] с использованием ПЭВМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность зерна проса Быстрое и Галинка в среднем за годы исследований составила 32,6 ц/га (табл. 1).

По данному показателю сорт Славянское уступал стандарту на 2,6 ц/га. При возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве сортов Надежное, Днепроvское и Гомельское в среднем за годы исследований было получено на 4,4-5,2 ц/га зерна больше по сравнению с сортом проса Быстрое. В среднем по годам и изучаемым сортам урожайность зерна проса при возделывании его на дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях Гомельской области составила 34,5 ц/га.

Если сравнивать урожайность зерна сортов проса по годам исследований, то более высокое ее значение (46,5 ц/га) было отмечено в 2008 г. у сорта Надежное. В 2009 г., в условиях недостатка влаги в период «всходы – кушение», высо-

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

кая урожайность зерна 41,7 и 43,1 ц/га была получена при возделывании сортов Днепровское и Гомельское. Недостаточное увлажнение в межфазовый период «кущение – выметывание» в 2010 г. привело к щуплости зерна и снижению его урожайности. Наиболее высокие значения урожайности 35,5 и 37,5 ц/га отмечены у сортов Гомельское и Днепровское соответственно.

Таблица 1

Влияние сортовых особенностей на урожайность зерна проса

№ п/п	Сорта проса	Урожайность, ц/га				± к стандарту, ц/га
		2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее	
1	Быстрое (ст.)	30,0	36,0	31,7	32,6	-
2	Славянское	30,1	27,1	32,7	30,0	-2,6
3	Галинка	34,0	32,8	30,9	32,6	0,0
4	Надёжное	46,5	30,5	34,1	37,0	4,4
5	Днепровское	32,0	41,7	37,5	37,1	4,5
6	Гомельское	34,7	43,1	35,5	37,8	5,2
	Среднее	34,6	35,2	33,7	34,5	
	НСР _{0,05}	3,5	5,4	3,2	2,3	

Для ограничения поступления радионуклидов в организм человека в республике разработаны «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия–137 и стронция–90 в сельскохозяйственном сырье и кормах», далее РДУ. Согласно РДУ, для переработки на пищевые цели допускается зерно с удельной активностью ($A_{уд}$) по ^{137}Cs не более 90 Бк/кг, по ^{90}Sr – не более 11 Бк/кг.

При возделывании изучаемых сортов проса на дерново-подзолистой супесчаной почве, характеризующейся слабокислой реакцией почвенной среды, недостаточным содержанием гумуса, повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора и низким содержанием подвижного калия, удельная активность зерна по ^{137}Cs и ^{90}Sr не превышала РДУ, и составила в среднем за 2008-2010 гг. 20,2-33,7 и 5, –7,6 Бк/кг соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Влияние сортовых особенностей на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr зерном проса (среднее за 2008-2010 гг.)

№ п/п	Сорта проса	^{137}Cs		^{90}Sr	
		$A_{уд}$, Бк/кг	Кп, $10^{-3}\text{м}^2\text{кг}^{-1}$	$A_{уд}$, Бк/кг	Кп, $10^{-3}\text{м}^2\text{кг}^{-1}$
1	Быстрое (ст.)	25,8 ± 7,7	0,04 ± 0,01	6,8 ± 1,8	0,50 ± 0,10
2	Славянское	33,7 ± 14,8	0,05 ± 0,02	6,0 ± 3,2	0,42 ± 0,14
3	Галинка	25,9 ± 3,5	0,04 ± 0,01	7,2 ± 3,3	0,50 ± 0,07
4	Надёжное	22,6 ± 10,6	0,04 ± 0,02	7,6 ± 2,1	0,56 ± 0,16
5	Днепровское	21,6 ± 4,5	0,03 ± 0,01	5,7 ± 4,0	0,37 ± 0,12
6	Гомельское	20,2 ± 7,7	0,03 ± 0,01	6,3 ± 0,8	0,48 ± 0,11

Для зерна проса характерны относительно невысокие параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr . Данный факт можно объяснить биологическими особенностями изучаемой культуры, связанными, в том числе, с мощной корневой системой, глубоко проникающей в почву и обуславливающей снижение поступления радионуклидов, особенно во второй половине вегетации.

По переходу ^{137}Cs из дерново-подзолистой супесчаной почвы в зерно исследуемые сорта различались в 1,3-1,7 раза. Наименьшие коэффициенты перехода ^{137}Cs (Кп 0,03) отмечены у сортов Днепровское и Гомельское, наибольший (Кп 0,05) – у сорта Славянское.

Коэффициенты перехода ^{90}Sr (зерно проса) различались в 1,5 раза между сортом Днепровское с минимальным (Кп 0,37) накоплением радионуклида и сортом Надежное с максимальным его накоплением (Кп 0,56).

Для получения продовольственного зерна проса с $A_{\text{уд}} = 11$ Бк/кг по ^{90}Sr , при указанном выше уровне почвенного плодородия и агротехники возделывания, плотность загрязнения ^{90}Sr дерново-подзолистой супесчаной почвы должна быть не более 30 кБк/м² (0,81 Ки/км²) для белорусского сорта Днепровское и не более 20 кБк/м² (0,54 Ки/км²) для сорта Надежное.

ВЫВОДЫ

1. Биологические особенности проса обусловили относительно невысокие параметры перехода в зерно ^{137}Cs и ^{90}Sr из среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой моренным суглинком, почвы.

2. Исследуемые сорта проса различались в 1,3-1,7 раза по переходу ^{137}Cs из дерново-подзолистой супесчаной почвы в зерно. Наименьшие коэффициенты перехода ^{137}Cs (Кп 0,03) отмечены у сортов Днепровское и Гомельское, наибольший (Кп 0,05) – у сорта Славянское. Зерно различных сортов проса можно использовать для продовольственных целей без ограничений.

3. Коэффициенты перехода ^{90}Sr различались до 1,5 раз между сортом проса Днепровское, с минимальным (Кп 0,37) накоплением радионуклида в зерне, и сортом Надежное, с максимальным его накоплением (Кп 0,56). При возделывании проса на продовольственные цели, плотность загрязнения ^{90}Sr дерново-подзолистой супесчаной почвы должна менее 30 кБк/м² (0,81 Ки/км²) для белорусского сорта Днепровское и менее 20 кБк/м² (0,54 Ки/км²) для сорта Надежное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильина, З.М. Рынки сельскохозяйственного сырья и продовольствия / З.М. Ильина, И.В. Мирочицкая. – Минск: БГЭУ, 2001. – 226 с.
2. Анохина, Т.А. О целесообразности использования проса в качестве страховой культуры / Т.А. Анохина // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №1. – С. 6.
3. Кормовые растения России / Г.А. Романенко [и др.]. – М., 1999. – С. 123-128.
4. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сборник научных материалов, 2-е изд., доп.

и перераб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

5. Киреенко, Н.В. Просо – культура больших возможностей: аналит. обзор / Н.В. Киреенко, Л.Ф. Курч, А.В. Ураков // Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК. – Минск, 2002. – 52 с.

6. Мурри, И.К. Биохимия проса / И.К. Мурри // Биохимия культурных растений. – Л.: Сельхозгиз, 1958. – Т. 1. – С. 512-588.

7. Вавилов, П.П. Растениеводство / П.П. Вавилов. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 124-136.

8. Культурная флора СССР / Под рук. П.М. Жуковского – М: Колос, 1975. – Т.3. – 364 с.

9. Фирсов, И.П. Технология растениеводства / И.П. Фирсов, А.М. Соловьев, М.Ф. Трифонова. – М.: Колос, 2004. – С. 268.

10. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2008. – С. 42-43.

11. Агеец, В. Ю. Система радиэкологических контрмер в агро сфере Беларуси / В. Ю. Агеец, Гомель. – Институт радиологии, 2001. – 250 с.

12. Веденева, Т.В. Накопление радионуклидов основной и побочной продукцией бобовых культур в зависимости от видовых и сортовых особенностей / Т.В. Веденева [и др.]. // Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: материалы Междунар. науч.-прак. конф., г. Горки, 29 июня – 2 июля 1998 г. – Горки, 1998. – С. 27-30.

13. Таврыкина, О.М. Влияние условий минерального питания и сортовой специфичности зерновых культур на урожайность, накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr и качество зерна на дерново-подзолистой супесчаной почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О.М. Таврыкина; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 22 с.

14. Путятин, Ю.В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Ю.В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 268 с.

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

THE YIELD AND ACCUMULATION ^{137}CS AND ^{90}SR BY GRAIN OF SEVERAL MILLET VARIETIES ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL

E.M. Batyrshayeu, I.M. Bogdevitch

Summary

The results of field experiments on yield and accumulation ^{137}Cs and ^{90}Sr by grain of several varieties of millet grown on luvisol loamy sand soil are discussed in the article.

Поступила 4 марта 2011 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ С РАЗНОЙ КИСЛОТНОСТЬЮ И ОБЕСПЕЧЕННОСТЬЮ ПОДВИЖНЫМ КАЛИЕМ

Г.М. Сафроновская¹, Т.М. Германович², В.А. Сатишур³, И.А. Царук¹

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

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

³*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,
г. Брест, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Современная модель плодородия сельскохозяйственных земель состоит из совокупности агрономически значимых свойств и почвенных режимов, отвечающих определенному уровню продуктивности культур. Реализация модели высокоплодородных почв ведется на основе экологически и экономически обоснованного повышения плодородия почв. Без расширенного воспроизводства плодородия почв невозможно повысить эффективность сельскохозяйственного производства. Ведущая роль в повышении плодородия пахотных земель республики принадлежит удобрениям и мелиорантам. Для снижения себестоимости производства сельскохозяйственной продукции необходимо существенно повысить эффективность использования мелиорантов, удобрений и других средств интенсификации производства.

Содержание подвижных форм калия является важным диагностическим показателем плодородия почв, который используется для прогноза урожайности культур, определения необходимых доз калийных удобрений. Пахотные земли республики характеризуются в основном средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием (141-300 мг/кг). Содержание подвижного калия в почвах высоко динамично и может существенно изменяться в зависимости от характера интенсификации земледелия. Недостаточное внесение калийных удобрений сопровождается снижением урожая и плодородия почв. Длительное внесение избыточных доз калия приводит к накоплению в почве не востребованных запасов элемента и неэффективному использованию ресурсов. Дифференцированный подход к применению калийных удобрений позволит обеспечить положительную динамику оптимизации содержания калия в почвах [1].

По данным последнего тура агрохимического обследования сельскохозяйственных земель республики, средневзвешенное содержание подвижных форм калия постепенно увеличивается и в настоящее время составляет 193 мг/кг, что соответствует средней обеспеченности. Вместе с тем, около 26% почв имеют повышенное (201-300 мг/кг) и около 10% высокое (301-400 мг/кг) содержание подвижного калия [1].

Круговорот калия в земледелии более благоприятный, чем других элементов питания, поскольку основное количество калия содержится в нетоварной части

растениеводческой продукции, поэтому он весь возвращается в почву. Интенсивность хозяйственного баланса калия на луговых и пахотных землях республики составляет 89% и 127%. С атмосферными осадками и семенами ежегодно на луговые и пахотные земли поступает 9,2 и 10,7 кг/га калия, с минеральными и органическими удобрениями – 95,4 и 19,7 кг/га соответственно. Потери калия на пахотных землях от выщелачивания и эрозии составляют 10,3 кг/га, с урожаем выносятся до 73,6 кг/га [3].

В условиях нашей республики известкование кислых почв повышает эффективность использования минеральных удобрений в несколько раз. Наибольшая отдача от минеральных удобрений отмечается при оптимальной реакции среды, при этом, имеет место факт ослабления негативного действия повышенной кислотности почвы при улучшении минерального питания растений [2-5].

Для обеспечения стабильной окупаемости известкования, особенно дерново-подзолистых легкосуглинистых почв, необходим высокий уровень земледелия с обязательным соблюдением технологий возделывания культур, применением средств защиты растений, дифференцированным подходом в применении удобрений. Наличие кислых почв приводит к недобору продукции растениеводства, при этом около трети продукции не добирается из-за наличия почв с кислотностью выше оптимальных уровней [2].

В современных условиях к поддерживающему известкованию относятся дифференцированно, в зависимости от свойств почв и преобладающих культур. Средневзвешенный показатель реакции почв (pH_{KC1}) сельскохозяйственных угодий в республике в настоящее время составляет 5,9, при этом, только на минеральных суглинистых почвах, допускается уровень кислотности почвы pH более 6,0, который входит в зону оптимума для большинства сельскохозяйственных культур.

Известкование кислых дерново-подзолистых суглинистых почв не ухудшает калийное питание при среднем содержании подвижных форм калия (141-200 мг/кг) и благоприятно сказывается на продуктивности севооборотов при повышенном содержании калия в почве (201-300 мг/кг) [1].

Эффективность калийных удобрений при известковании обычно возрастает, поскольку преобладание кальция в поглощающем комплексе почв затрудняет поступление калия из почвы в растения. Этот антагонизм ослабляется внесением калийных удобрений. Кроме этого, известкование, увеличивая потребление калия растениями, усиливает обеднение им почвы. Эффективность известкования существенно повышается с увеличением содержания подвижного калия в почве. Без внесения калийных удобрений отмечается снижение эффективности известкования при низкой обеспеченности почв подвижным калием. Случаи отрицательного последствия известны на рост и развитие растений, связанные с недостатком калийного питания, установлены в исследованиях на дерново-подзолистых суглинистых почвах в севообороте с низкими дозами применением калийных удобрений. С учетом влияния кислотности почв Беларуси на эффективность калийных удобрений ранее предложены поправочные коэффициенты на pH для культур-кальциефобов (льна, картофеля, люпина): при pH 5,6-6,0 в 1,1 раз, pH 6,1-7,0 в 1,2 раза [1, 2].

Цель наших исследований состояла в изучении агрономической и экономической эффективности минеральных удобрений, доз калийного удобрения в зависимости от уровня кислотности и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы подвижным калием.

В полевом стационарном опыте в зерновом севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной кислотностью и уровнем обеспеченности подвижным калием определены наиболее эффективные дозы калия, рассчитана экономическая эффективность калийного удобрения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В СПК «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области в период с 2006 по 2009 годы в двух последовательно открывающихся полях стационарного опыта проведены исследования по определению эффективности доз калийного удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной кислотностью и уровнем обеспеченности подвижным калием. Опыты проведены в севообороте при возделывании ярового тритикале Лана, гороха посевного WSB, ярового рапса Антей, пелюшки. Vegetативная желтая и овса Стрелец на зеленую массу. Почва опытного участка дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легких пылевато-песчаных суглинках, подстилаемых с глубины 0,95 м средним моренным суглинком.

Исследования проведены на двух уровнях обеспеченности почвы подвижным калием – 200-250 (повышенном) и 300-350 мг/кг почвы (высоком), на трех блоках кислотности почвы: 1 блок (среднекислая) – pH_{KCl} 4,8-4,9 (Hg – 3,8-4,2 смоль (+)/кг, V – 66,9%); 2 блок (слабокислая) – pH 5,4-5,6 (Hg – 2,0-2,2 смоль(+)/кг, V – 75,9%); 3 блок (близкая к нейтральной) – pH 6,3-6,5 (Hg – 1,0-1,5 смоль(+)/кг, V – 82,3%). Содержание подвижного фосфора по блокам кислотности почвы изменялось от 94-177 (в контрольных вариантах) до 284 мг/кг (по вариантам с удобрениями), гумуса – 2,5-2,8%. Повторность вариантов опыта четырехкратная. Общая площадь делянки 50 м².

Под возделываемые в опыте культуры дозы минеральных удобрений рассчитаны на планируемую урожайность: зерна ярового тритикале – 50-60 ц/га ($N_{80-120} P_{60} K_{90-150}$); семян гороха 40-50 ц/га ($N_{16-36} P_{60} K_{90-150}$); семян ярового рапса 30-40 ц/га ($N_{120-150} P_{75} K_{90-150}$); зеленой массы пелюшко-овса – 300-450 ц/га ($N_{60-90} P_{70} K_{100-150}$).

За период 2006-2009 гг. при проведении исследований в среднем на 1 га севооборотной площади внесено от 223 до 308 кг/га д.в. NPK, в том числе 69-99 кг/га азота, 66 кг/га фосфора, 88-143 кг/га калия. Минеральные удобрения внесены под предпосевную культивацию в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Подкормка ярового тритикале проведена мочевиной (N_{40}) в фазу трубкования в варианте с дозой азота 120 кг/га, подкормка ярового рапса – в фазу розетки листьев мочевиной в дозе азота 30 кг/га. Проведены некорневые подкормки растений: ярового тритикале – Адоб Медь 1 л/га (60 г меди на 1 га), ярового рапса – Адоб Бор 0,5 л/га (75 г бора на 1 га) в фазу начала бутонизации, гороха – в фазу бутонизации Адоб Бор 0,35 л/га (50 г бора на 1 га).

В процессе ухода за посевами ярового тритикале проведена обработка до всходов гербицидом Кугар (0,8 л/га), по всходам гербицидом Гусар (180 г/га), фунгицидом Фалькон (0,6 л/га). На посевах гороха применяли гербицид Базагран (3 л/га), инсектициды Децис экстра (0,04 л/га) и Актара (100 г/га). Посевы ярового рапса обработаны гербицидом Бутизан (2 л/га), всходы – инсектицидом Децис

(0,06 л/га), гербицидом Лонтрел (0,4 л/га) и Фюзилад (1,3 л/га). Всходы пелюшкова обработаны гербицидом Агритокс (0,7 л/га).

Перед закладкой опытов и после уборки урожая ежегодно поделано почвенные образцы для определения агрохимических показателей почвы. Агрохимические анализы почвы проводили по общепринятым методикам: обменная кислотность pH_{KCl} определялась потенциометрическим методом; гидролитическая кислотность (H_f) – по методу Каппена, в модификации ЦИНАО; сумма обменных оснований (S) – по Каппену-Гильковицу; емкость поглощения (T) расчетным путем $H_f + S$. Степень насыщенности основаниями (V) – по К.К. Гедройцу расчетным путем – $V = S/T \cdot 100$. Содержание подвижного фосфора и калия – по методу Кирсанова в 0,2 М HCl с последующим определением подвижного фосфора на фотоэлектроколориметре, калия – на пламенном фотометре, гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной кислотностью (среднекислая, слабокислая, близкая к нейтральной) наиболее значимое влияние на продуктивность культур севооборота оказывали минеральные удобрения. Прирост продуктивности культур от минеральных удобрений (NPK) в различных сочетаниях и дозах по фонам кислотности почвы был приблизительно одинаков: на фоне с кислотностью почвы pH 4,8-4,9 – 11,4-17,7 ц/га (20-28%), на фоне с pH 5,4-5,6 – 9,8-19,5 ц/га (16-28%), на фоне с pH 6,3-6,5 – 8,4-19,2 ц/га (14-27%) (табл. 1).

В сравнении с минеральными удобрениями прирост продуктивности культур за счет снижения кислотности легкосуглинистой почвы со среднекислой реакции среды до близкой к нейтральной менее значителен. Так, в варианте без удобрений (контроль) снижение кислотности почвы с pH 4,8-4,9 до pH 5,4-5,6, обеспечивает прирост продуктивности 5,2 ц/га к.ед. (10,3%), а с pH 5,4-5,6 до 6,3-6,5 – 2,1 ц/га к.ед. (4%).

В варианте без калийного удобрения ($N_{69}P_{66}$) прирост от снижения кислотности до pH 5,4-5,6 составил 3,6 ц/га к.ед. На этом фоне кислотности внесение удобрений в дозах $N_{69}P_{66}K_{143}$ кг/га севооборотной площади обеспечило прирост продуктивности от извести 5,0 ц/га к.ед. В том числе прирост только от калия составил 1,4 ц/га к.ед. (28%).

Доведение реакции почвенной среды до pH 6,3-6,5 способствует дальнейшему росту продуктивности культур, которая в варианте с $N_{69}P_{66}K_{143}$ составила 8,1 ц/га к.ед. В том числе от калия 3,8 ц/га к.ед. (47%).

На эффективность исследуемых доз калийного удобрения влияет не только кислотность почвы, но и ее обеспеченность подвижным калием (рис. 1 и 2).

На уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг увеличение доз калия в почву с 88 до 143 кг/га севооборотной площади способствует росту приростов урожайности культур на фоне кислотности pH 4,8-4,9 с 2,2 до 5,4 ц/га к.ед. (16-32%), на фоне с pH 5,4-5,6 – с 2,3 до 6,8 (27-40,9%) ц/га к.ед., на фоне с pH 6,3-6,5 – с 3,7 до 9,2 ц/га к.ед. (31-52%) (рис. 1). На этом уровне обеспеченности почвы подвижным калием максимальный прирост продуктивности культур

Продуктивность культур севооборота в зависимости от степени кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, уровня ее обеспеченности подвижным калием и доз калийного удобрения (2006-2009 гг.)

Уровни подв. калия в почве, мг/кг	Варианты	Урожайность культур, ц/га к.ед.	Прибавка от уровня кислотности почвы, ц/га к.ед.	Прибавка от минеральных удобрений, ц/га к.ед.	Окупаемость 1 кг калия кг к.ед.
pH 4,8-4,9					
200-250	1. Контроль	45,2	-	-	-
	2. N ₆₉ P ₆₆	56,6	-	11,4	-
	3. N ₆₉ P ₆₆ K ₈₈	58,8	-	13,6	2,5
	4. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₁₃	59,8	-	14,6	2,8
	5. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₄₃	62,0	-	16,8	3,8
300-350	6. N ₆₉ P ₆₆ K ₈₈	62,4	-	17,2	-
	7. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₁₃	62,3	-	17,1	-
	8. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₄₃	62,3	-	17,1	-
НСР _{0,05} варианты / уровни K ₂ O		2,10 / 1,80			
pH 5,4-5,6					
200-250	1. Контроль	50,4	5,2	-	-
	2. N ₆₉ P ₆₆	60,2	3,6	9,8	-
	3. N ₆₉ P ₆₆ K ₈₈	62,5	3,7	12,1	2,6
	4. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₁₃	64,6	4,8	14,2	3,9
	5. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₄₃	67,0	5,0	16,6	3,2
300-350	6. N ₆₉ P ₆₆ K ₈₈	66,6	4,2	16,2	-
	7. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₁₃	66,6	4,3	16,2	-
	8. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₄₃	67,0	4,7	16,6	-
НСР _{0,05} варианты / уровни K ₂ O		2,26 / 1,17			
pH 6,3-6,5					
200-250	1. Контроль	52,5	2,1	-	-
	2. N ₆₉ P ₆₆	60,9	0,7	8,4	-
	3. N ₆₉ P ₆₆ K ₈₈	64,6	2,1	12,1	4,2
	4. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₁₃	66,9	2,3	14,4	5,3
	5. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₄₃	70,1	3,1	17,6	6,4
300-350	6. N ₆₉ P ₆₆ K ₈₈	70,3	3,7	17,8	-
	7. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₁₃	69,6	3,0	17,1	-
	8. N ₆₉ P ₆₆ K ₁₄₃	70,1	3,1	17,6	-
НСР _{0,05} варианты / уровни K ₂ O		2,34 / 1,47			
НСР _{0,05} уровни pH		1,35			

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

получен от дозы калия 143 кг/га севооборотной площади. Окупаемость калийного удобрения урожаем зависит от доз калийного удобрения и кислотности почвы. Окупаемость 1 кг калия урожаем по мере снижения кислотности почвы и повышения доз калия соответственно возрастала и составляла 2,5-3,8 кг к.ед., 2,6-3,9 кг к.ед. и 4,2-6,4 кг к.ед. (табл. 1).

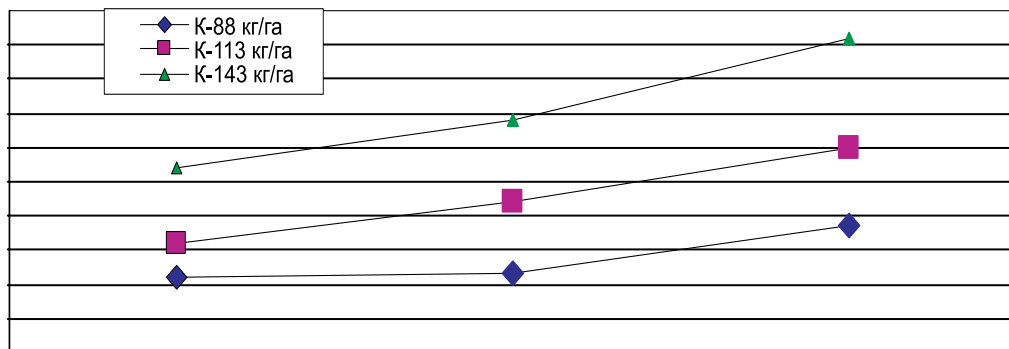


Рис. 1. Прирост продуктивности культур севооборота в зависимости от доз калийного удобрения на разных уровнях кислотности легкосуглинистой почвы при обеспеченности подвижным калием 200-250 мг/кг

С ростом уровня обеспеченности почвы подвижным калием с 200-250 до 300-350 мг/кг потребность в калийном удобрении снижается (рис. 2).

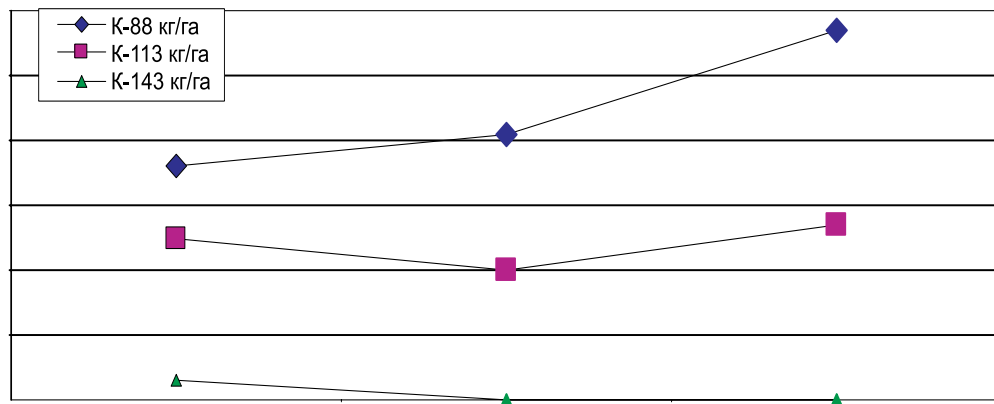


Рис. 2. Прирост продуктивности культур севооборота от повышения уровня обеспеченности легкосуглинистой почвы подвижным калием в зависимости от кислотности

За счет повышения уровня подвижного калия в почве до 300-350 мг/кг отмечается прирост продуктивности культур севооборота по фонам кислотности легкосуглинистой почвы соответственно на 3,6, 4,1 и 5,7 ц/га к.ед. при дозе калия 88 кг/га.

Оценка экономической и агрономической эффективности средств химизации необходима для планирования урожайности сельскохозяйственных культур, опре-

деления потребности в удобрениях. Агрономическая эффективность удобрений оценивается по оплате единицы удобрений прибавкой продукции в натуральном выражении или в кормовых единицах.

Экономическая эффективность калийного удобрения в наших исследованиях рассчитана в зависимости от кислотности на уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг (табл. 2). Как видно из расчета, увеличение чистого дохода и рентабельности по мере снижения кислотности почвы происходит за счет роста прибавок от калия.

Таблица 2

**Экономическая эффективность калийного удобрения
в зависимости от кислотности дерново-подзолистой
легкосуглинистой почвы**

Кислотность почвы	pH 4,8-4,9	pH 5,4-5,6	pH 6,3-6,5
Доза калия, кг/га	143		
Прибавка, ц/га к. ед.	5,4	6,8	9,2
Стоимость прибавки урожая, USD	62,1	78,2	105,8
Стоимость внесения калия 1 га, USD	21,6	21,6	21,6
Затраты на уборку, доработку прибавки, USD	13,5	17,0	23,0
Всего затрат, USD	35,1	38,6	44,6
Чистый доход, USD	27,0	39,6	61,2
Рентабельность, %	76,9	102,6	137,2

По мере снижения кислотности почвы со среднекислой до близкой к нейтральной реакции, чистый доход соответственно увеличивался с 27,0 до 39,6 и 61,2 USD, а рентабельность с 76,9 до 102,6 и 137,2%.

Расчет рентабельности калия при средней севооборотной дозе 143 кг/га по отдельным культурам севооборота показывает, что наибольшая прибыль на 1 рубль затрат получена при возделывании гороха посевного, затем от пелюшко-овсяной смеси на зеленую массу и ниже на яровых тритикале и рапсе (рис. 3).

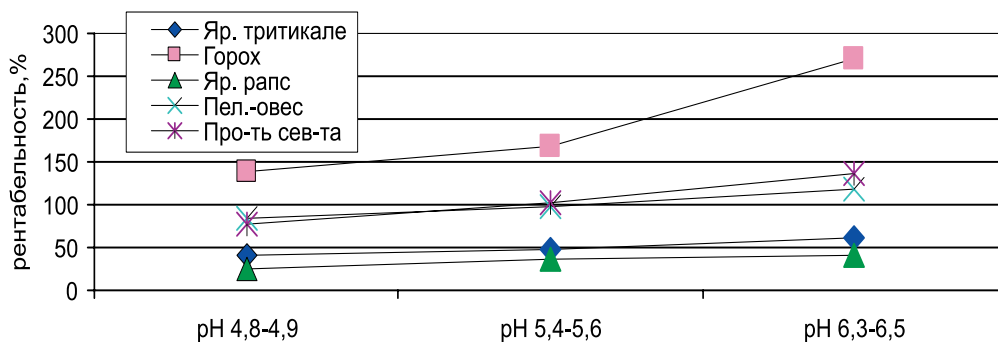


Рис. 3. Сравнительная рентабельность возделывания культур в зависимости от кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на уровне обеспеченности подвижным калием 200-250 мг/кг

По мере снижения кислотности почвы рентабельность от калийного удобрения на яровых тритикале и рапсе, пелюшко-овсяной смеси увеличивается в 1,4-1,7 раз, а на горохе посевном возрастает почти в 2 раза. Данные различия в основном обусловлены не столько уровнем прибавок от калийного удобрения, сколько различием в закупочных ценах на продукцию (99,6-272 USD за 1 т).

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено, что за счет снижения ее кислотности со среднекислой (рН 4,8-4,9) до слабокислой (рН 5,4-5,6) и со слабокислой до близкой к нейтральной (рН 6,3-6,5) реакции среды продуктивность культур севооборота (яровое тритикале, горох посевной, яровой рапс, пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу) увеличивается соответственно на 5,2 ц/га к.ед. (10,3%) и 2,1 ц/га к.ед. (4%).

2. Прирост продуктивности культур от минеральных удобрений по фонам кислотности почвы приблизительно одинаков: на фоне со среднекислой реакцией – 11,4-17,7 ц/га (20-28%), на фоне со слабокислой – 9,8-19,5 ц/га (16-28%), на фоне с близкой к нейтральной – 8,4-19,2 ц/га (14-27%).

3. Потребность в калийном удобрении возрастает по мере снижения кислотности суглинистой почвы и снижается с ростом ее обеспеченности подвижным калием. Рост уровня обеспеченности почвы подвижным калием с 200-250 мг/кг до 300-350 мг/кг снижает потребность в калийном удобрении со 143 кг/га до 88 кг/га севооборотной площади, увеличивает продуктивность культур севооборота по фонам кислотности на 2,0-5,7 ц/га к.ед.

4. Снижение кислотности почвы со среднекислой до близкой к нейтральной реакции среды на повышенном (200-250 мг/кг) уровне обеспеченности почвы подвижным калием увеличивает чистый доход с 27,0 до 61,2 USD, рентабельность – с 76,9 до 137,2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богдевич, И.М. Рекомендации по оптимизации фосфорного и калийного статуса пахотных почв в зависимости от уровня интенсификации земледелия по областям и районам Беларуси / И.М. Богдевич [и др.]. / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2008. – 28 с.

2. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси. / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: Изд. БГУ, 2003. – 322 с.

3. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]. // Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.

4. Лапа, В.В. Известкование почв в севооборотах с кальциефобными культурами: рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 24 с.

5. Лапа, В.В. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: учеб. пособие / В.В. Лапа, А.Р. Цыганов, Н.Н. Ивахненко. – Горки: БГСХА, 2002. – 48 с.

EFFISIENTCY OF POTASH FERTILIZER ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL WITH DIFFERENT ACIDIC AND SECURITY OF MOBILE POTASH

G.M. Safronovskaya, T.M. Germanovich, V.A. Satishur, I.A. Tsaruk

Summary

In field stationary experience on sod-podzolic light loamy soil is established, that the efficiency of potash fertilizer grows in process of reduction acidic soil and is reduced with growth of security of soil mobile potash. At a level of security of soil mobile potash 200-250 mg/kg the increase of dozes potash in soil with 88 up to 143 kg/ha of the area croup rotation promotes growth of increases of productivity on a background acidic pH 4,8-4,9 with 2,2 up to 5,4 c/ha f.u. (16-32%), on a background with pH 5,4-5,6 – with 2,3 up to 6,8 (27-40,9%) c/ha f.u., on a background with pH 6,3-6,5 – with 3,7 up to 9,2 c/ha f.u. (31-52%). Return 1 kg potash by a crop in process of decrease(reduction) acidic of soil and increase of dozes potash accordingly grew and made 2,5-3,8 kg f. un. 2,6-3,9 kg f. un. and 4,2-6,4 kg f.u/.

The reduction acidic of soil with pH 4,8-4,9 till pH 6,3-6,5 on increased and high level of security of soil mobile potash in creases the pure income to 27,0 up to 61,2 USD, profitability with 76,9 up to 137,2%.

Поступила 18 февраля 2011 г.

УДК 631.82:633.854.54

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ С ДОБАВКАМИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ДИНАМИКУ НАКОПЛЕНИЯ БИОМАССЫ РАСТЕНИЯМИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ПО ФАЗАМ ЕГО РАЗВИТИЯ

Ю.Г. Милоста

Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Лен масличный – ценная сельскохозяйственная культура, продукция которой широко используется как в промышленных, так и медицинских целях. В последние годы во всем мире возрос интерес к использованию льняного масла в пищу в связи с его лечебными свойствами, обусловленными высоким содержанием линоленовой кислоты. В семенах льна содержится до 48% масла, применение которого способствует выведению из организма холестерина, улучшению обмена белков и жиров, нормализации артериального давления, уменьшению вероятности образования тромбов и опухолей. Льняное масло значительно снижает риск сердечно-сосудистых и раковых заболеваний и уменьшает аллергические реакции организма [5].

Цельное льняное семя используется в различных странах мира как популярные добавки к различным сортам хлеба и крупяным смесям, для обсыпки кондитерских изделий. Белки, экстрагированные из льняного семени, обладают желатинизирующим действием и могут применяться в кулинарии [11].

Большую ценность представляет также соломка льна масличного. Из стеблей льна, содержащих в среднем 8-12% волокна, изготавливают грубые ткани, мешковину, брезент, шпагат, упаковочные и теплоизоляционные материалы. Соломку используют для выработки бумаги и картона [11].

В научной литературе имеются немногочисленные сведения по минеральному питанию льна масличного [1-7].

Лен масличный требователен к плодородию почвы и минеральному питанию. Он потребляет питательные вещества в течение всей вегетации, но наиболее интенсивно – в период цветения и образования репродуктивных органов. Корневая система льна сравнительно слабо усваивает питательные вещества, если они находятся в почве в труднодоступных формах [1, 2].

Известно, что для роста и развития льна необходимы азот, фосфор, калий, кальций, железо и натрий, а также микроэлементы – бор, медь, марганец и др. [3]. Больше всего лен масличный потребляет азота, причем максимальное количество он поглощает от бутонизации до цветения. Недостаток азота в это время заметно снижает урожайность льносемян. Обязательным элементом технологии возделывания льна масличного является внесение фосфорных и калийных удобрений. В фосфоре лен нуждается в течение всей вегетации, но потребность в нем более резко выражена в начале онтогенеза. Калий льну необходим также в течение всей вегетации, особенно в период бутонизации-образования плодов [1, 2, 8, 9].

Достаточная обеспеченность льна масличного микроудобрениями – предпосылка для оптимального его развития. На недостаток цинка, бора и железа лен реагирует недоразвитием и отставанием в росте. Возникают симптомы так называемого кальциевого, карбонатного или комплексного хлороза. При избытке кальция и высоком pH микроэлементы переходят в нерастворимые для растений формы. Признаки недостатка микроэлементов – крапчатый, краевой или общий хлороз, отмирание точки роста, образование густой розетки, отмирание бутонов, пожелтение и отмирание верхушки растений. На обеспеченность микроэлементами влияют погодные условия, при засухе их недостаток и вызываемые симптомы усиливаются. Дефицит цинка или бора ликвидируется опрыскиванием соответствующими препаратами почвы перед севом или посевам льна в фазе активного роста [9].

Из анализа литературных источников установлено, что одним из главных факторов, повышающих продуктивность льна масличного, является применение макро- и микроэлементов. Без сбалансированного питания растений льна масличного нельзя ожидать высокой эффективности от других агротехнических мероприятий.

Целью наших исследований явилось изучение влияния комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений с добавками микроэлементов (в том числе и в хелатной форме) и регуляторов роста растений на накопление биомассы в период вегетации растений, продуктивность и элементы структуры урожая льна масличного.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка влияния комплексных удобрений с добавками микроэлементов на динамику накопления биомассы льна масличного Солнечный по фазам его развития

проводилась в полевых опытах (2006-2008 гг.) на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси подстилаемом с глубины 0,5 м моренным суглинком, почве, на опытном поле УО «ГГАУ» (д. Зарица Гродненского района Гродненской области). Площадь делянок в полевых опытах составляла 42 м², учетная – 30 м², повторность вариантов – 4-кратная, размещение делянок рендомизированное.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы перед закладкой опытов представлена в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика пахотных горизонтов дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы перед закладкой полевых опытов (среднее по полям)

Годы исследований	рН	Гумус,%	Мг/кг почвы							
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	B	Zn	Fe	Cu
2006	6,0	1,67	165	195	700	125	0,69	2,1	77	1,2
2007	5,8	1,58	185	145	667	95	0,65	2,4	67	1,0
2008	5,9	1,69	183	197	874	185	0,60	1,9	66	1,2

* Содержание марганца (вытяжка 1 М KCl)

Данные, приведенные в таблице 1, свидетельствуют, что почва на участке полевого опыта характеризовалась слабокислой реакцией среды, оптимальной для возделывания льна на супесчаных почвах, повышенным содержанием подвижного фосфора, средним содержанием подвижного калия и водорастворимого бора, низким содержанием подвижных форм цинка и меди.

В качестве минеральных стандартных удобрений при возделывании льна масличного применяли: карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий (базовый вариант). В исследованиях изучали эффективность следующих комплексных удобрений: NPK с B, Zn, Fe (в том числе Fe в хелатной форме) в дозах N₄₀P₄₅K₈₀, N₆₀P₅₅K₁₀₀, N₈₀P₆₅K₁₂₀; N₄₀P₃₀K₇₀, N₆₀P₅₀K₁₄₀; NPK с B, Zn, Fe и регуляторами роста растений (Эпин или Гидрогумат) в дозах N₆₀P₅₀K₁₄₀ и комплексное бесхлорное удобрение – NPK с B, Zn, Fe в дозе N₆₀P₄₀K₉₆.

В базовом варианте применялись некорневые подкормки микроэлементами в форме химических солей: первая подкормка – в фазу всходы начало фазы «елочка» – борной кислотой (156 г B/га), сульфатом цинка – (240 г Zn/га); вторая подкормка – в фазу «елочка» – сульфатом меди (50 г Cu/га) и сульфатом марганца – (50 г Mn/га). В отдельных вариантах опыта в эти же фазы развития растений льна масличного применяли некорневые подкормки жидким комплексным удобрением для льна-долгунца и льна масличного, марки N:P:K = 5:7:10-0,15(B)-0,10(Zn)-0,10(Cu). Концентрация (г/л) макро- и микроэлементов в этой марке удобрения составляет: N – 62,0, P₂O₅ – 87,0, K₂O – 124,0, B – 1,8, Zn – 1,2 и Cu – 1,2, плотность раствора – 1,238 г/см³, рН – 6-8. Дозы применения удобрений жидких комплексных в стадию «начало-елочки» составляли 4 л/га, а в фазе «елочка» (через 7-10 дней после первой подкормки) – 6 л/га, при объеме рабочего раствора 200 л/га.

В опытах высевали лен масличный Сонечны (проходил сортоиспытания 2006-2008 гг.). Норма посева 10 млн. всхожих семян на гектар. Семена льна перед посевом обрабатывали витаваксом 200 ФФ, 34% в.к.с. (2,0 л/т). Сев льна масличного был проведен сеялкой СПУ-Л с междурядьями 10 см. В фазе «елочка» проведена химическая прополка льна: против однолетних сорняков гербицидами – агритокс + лонтрел (1,0 л/га + лонтрел 0,2 л/га) и через 5 дней – против злаковых сорняков гербицидом фюзилад в дозе 0,9 л/га, а также против льняной блошки – препаратом БИ-58 (0,75 л/га).

Изучение накопления биомассы (сухое вещество) растениями льна масличного определяли по фазам развития: всходы, «елочка», бутонизация, цветение и плодообразование.

Закладку и проведение полевых опытов, статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов с использованием программ дисперсионного и корреляционного анализа на ЭВМ, анализ почв и растений – по общепринятым методикам [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При оценке воздействия новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками на накопление биомассы льна масличного погодные условия (температура, осадки, гидротермический коэффициент) во время вегетации растений различались по годам.

Гидротермический коэффициент в 2006 г. с апреля по август изменялся в пределах от 0,92 до 2,83, а в среднем за вегетационный период возделывания льна масличного составил 1,87. Сумма активных температур за период составила 2342,7 °С.

В условиях 2007 г. гидротермический коэффициент за вегетационный период был в пределах от 0,43 до 2,37, а в среднем за апрель-август составил 1,19, сумма активных температур – 2329,2 °С. Погодные условия 2008 г. различались с 2006 и 2007 гг. Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,90 до 2,34, а в среднем за апрель-август составил 1,53, сумма активных температур – 2249,8 °С. Вегетационный период за апрель-август в 2006 и 2007 гг. характеризуется как слабозасушливый, 2008 г. – близкий к среднемноголетнему. Длительность периода вегетации льна масличного в 2006 г. составила 108 дней, в 2007 г. – 100, 2008 – 116 дней (за счет более влажного вегетационного периода).

Влияние комплексных удобрений на накопление сухого вещества льна масличного приведено в табл. 2.

Динамика накопления надземной массы льна масличного различалась по годам исследований, фазам развития и, в меньшей степени, зависела от форм применяемых удобрений.

На первом этапе, в фазу всходов, показатели надземной массы сухого вещества были следующие: на контроле в 2006 г. – 0,5 ц/га, а в вариантах с удобрениями – от 0,7 до 1,3 ц/га, соответственно в 2007 г. – 0,5 и от 0,6 до 1,3 и 2008 г. – 0,7 и 1,0-1,6 ц/га, а в среднем за три года – 0,7 и 0,9-1,4 ц/га. Максимальное накопление сухого вещества уже в фазе всходов наблюдалось (в среднем за три года) в вариантах с внесением комплексного удобрения NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{80}P_{65}K_{120}$ (1,4 ц/га); бесхлорного NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{60}P_{40}K_{96}$ (1,4 ц/га) и NPK с B, Zn, Fe и Эпином в дозе $N_{60}P_{50}K_{140}$ (1,3 ц/га).

Таблица 2
Влияние комплексных удобрений с модифицирующими добавками на накопление биомассы (сухое вещество, ц/га) растениями льна масличного по фазам развития, 2006-2008 гг.

Варианты опыта	Фазы развития																	
	Всходы			Елочка			Бутонизация			Цветение			Плодообразование					
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	ср.	ср.	
1. Контроль (без удобрений)	0,5	0,5	1,0	0,7	1,0	1,1	2,1	2,1	1,4	4,4	4,9	9,5	6,3	10,1	11,3	21,8	14,4	17,3
2. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ (смесь стандартных удобрений)	0,7	0,6	1,4	0,9	1,5	1,3	2,8	1,9	6,7	5,9	13,1	8,6	22,4	13,7	30,0	22,0	18,6	23,7
3. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ (смесь стандартных удобрений) + некорневые подкормки бором и цинком	0,8	0,8	1,4	1,0	1,7	1,7	2,9	2,1	7,6	7,7	13,4	9,6	25,4	17,6	30,7	24,6	21,2	26,4
4. N ₄₀ P ₄₅ K ₈₀ комплексное с B, Zn, Fe	0,8	0,9	1,5	1,1	1,7	1,8	3,1	2,2	7,8	8,1	14,3	10,1	26,0	18,7	32,8	25,8	21,7	27,8
5. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ комплексное с B, Zn, Fe	0,9	0,9	1,6	1,1	1,9	1,9	3,2	2,3	8,4	8,6	14,6	10,5	28,1	19,7	33,5	27,1	23,4	29,1
6. N ₈₀ P ₆₅ K ₁₂₀ комплексное с B, Zn, Fe	1,3	1,2	1,7	1,4	2,7	2,5	3,5	2,9	12,1	11,5	15,9	13,2	40,5	26,5	36,5	34,5	33,8	36,5
7. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ комплексное с B, Zn, Fe + некорневые подкормки бором и цинком	0,7	1,1	1,2	1,0	1,4	2,2	2,5	2,0	6,3	10,0	11,4	9,2	21,2	22,9	26,0	23,4	17,6	25,5
8. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ с B и Zn + Fe ¹ (хелат-доза 1)	0,7	0,9	1,0	0,9	1,5	1,8	2,1	1,8	6,8	8,3	9,4	8,2	22,7	19,1	21,6	21,1	18,9	22,6
9. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ с B и Zn + Fe ¹ (хелат-доза 2)	0,8	1,0	1,6	1,1	1,6	2,0	3,3	2,3	7,3	9,0	15,0	10,5	24,5	20,8	34,4	26,6	20,4	28,9
10. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ с B и Zn + Fe ¹ (хелат-доза 3)	0,6	1,1	1,0	0,9	1,2	2,2	2,1	1,8	5,3	10,1	9,6	8,3	17,5	23,3	22,1	21,0	14,6	23,0

Окончание табл. 2

Варианты опыта	Фазы развития																					
	Всходы			Елочка			Бутонизация			Цветение			Плодообразование									
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008	ср.	2006	2007	2008			
	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.	ср.			
11. N ₄₀ P ₃₀ K ₇₀ комплексное с В, Zn, Fe	1,0	1,2	1,4	1,2	2,0	2,5	2,5	2,9	2,9	2,5	9,1	11,4	13,4	11,3	30,2	26,3	30,7	29,1	25,2	31,5	36,8	31,2
12. N ₆₀ P ₅₀ K ₁₄₀ комплексное с В, Zn, Fe	0,8	1,0	1,8	1,2	1,6	2,1	3,7	2,5	2,5	7,4	9,8	17,0	11,4	24,8	22,5	38,9	28,7	20,7	27,0	46,6	31,4	31,4
13. N ₆₀ P ₅₀ K ₁₄₀ с В, Zn, Fe + Эпин	0,9	1,6	1,5	1,3	1,7	3,3	3,1	2,7	2,7	7,9	15,1	14,3	12,4	26,3	34,7	32,8	31,2	21,9	41,6	39,3	34,3	34,3
14. N ₆₀ P ₅₀ K ₁₄₀ с В, Zn, Fe + регулятор роста Гидрогумат	0,8	1,2	1,4	1,1	1,5	2,4	2,9	2,3	2,3	7,0	11,0	13,3	10,4	23,3	25,2	30,5	26,3	19,4	30,2	36,5	28,7	28,7
15. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₆ (комплексное бесхлорное твердое)	1,2	1,3	1,6	1,4	2,5	2,6	3,3	2,8	2,8	11,2	11,7	15,0	12,7	37,5	26,9	34,4	32,9	31,2	32,3	41,3	34,9	34,9
НСР ₀₅	0,04	0,06	0,10	0,06	0,10	0,12	0,18	0,11	0,11	0,45	0,54	0,82	0,60	1,45	1,27	2,05	1,32	1,25	1,65	2,45	1,70	1,70

К фазе елочки наблюдалось увеличение сухого вещества по всем вариантам опыта в пределах от 2,00 до 2,11 раз по сравнению с фазой всходов. В фазу бутонизации увеличение сухого вещества, по отношению к фазе «елочка» возросло в среднем по вариантам 4,57 раз. К фазе цветения отмечалось дальнейшее увеличение накопления сухого вещества, по отношению к фазе бутонизации (в 2,54 раз), однако темпы накопления были несколько ниже. В фазу плодоношения биомасса увеличивалась незначительно (в 1,1 раз) по сравнению с фазой цветения.

В вариантах с новыми формами комплексных удобрений, вне зависимости от фазы развития льна масличного, накопление сухой биомассы по отношению к базовому варианту с внесением стандартных туков было в пределах от 0,97 до 1,5 раза. Максимальное накопление биомассы было в вариантах с комплексным удобрением NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{80}P_{65}K_{120}$ (в 1,55 раз), бесхлорным NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{60}P_{40}K_{96}$ (1,48 раз) и NPK с B, Zn, Fe и Эпином в дозе $N_{60}P_{50}K_{140}$ (1,45 раз), NPK с B, Zn, Fe при $N_{60}P_{50}K_{140}$ (1,35 раз) и NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{40}P_{30}K_{70}$ (1,32 раза), табл. 2.

Влияние удобрений на элементы структуры урожая льна масличного в фазу полной спелости приведено в табл. 3.

Таблица 3

Влияние комплексных удобрений с модифицирующими добавками на элементы структуры урожая льна масличного Солнечный на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (УО «ГГАУ»), среднее за 2006-2008 гг.

Варианты	Количество стеблей, шт./м ²	Длина стебля, см	Длина стебля техническая, см	Количество коробо-чек, шт./растение	Количество семян		Масса семян, 1000 г	Урожайность, ц/га
					шт./коробочку	шт./растение		
1. Контроль (без удобрений)	253	47,3	36,4	8,6	6,7	60,7	4,7	6,9
2 $N_{60}P_{55}K_{100}$ (смесь стандартных удобрений) базовый	718	54,3	41,8	25,4	8,4	226,0	6,2	9,4
3. $N_{60}P_{55}K_{100}$ (смесь стандартных удобрений) + некорневые подкормки бором и цинком	764	54,7	42,1	30,0	9,4	239,3	5,2	10,5
4. $N_{40}P_{45}K_{80}$ комплексное с B, Zn, Fe	919	55,7	42,9	19,9	9,9	184,5	6,1	11,0
5. $N_{60}P_{55}K_{100}$ комплексное с B, Zn, Fe	768	59,7	45,9	29,9	8,7	261,2	6,0	11,6
6. $N_{80}P_{65}K_{120}$ комплексное с B, Zn, Fe	962	60,7	46,7	26,5	10,0	252,9	6,4	14,5
7. $N_{60}P_{55}K_{100}$ комплексное с B, Zn, Fe+ некорневые бором и цинком	913	62,0	47,7	20,5	9,9	173,9	5,8	11,0

Варианты	Количество стеблей, шт./м ²	Длина стебля, см	Длина стебля техническая, см	Количество коробочек, шт./растение	Количество семян		Масса семян, 1000 г	Урожайность, ц/га
					шт./коробочку	шт./растение		
8. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ с В и Zn+ Fe ₁ (хелат – доза 1 (0,05%))	907	54,0	41,6	18,8	10,4	176,7	5,6	9,7
9. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ с В и Zn+ Fe ₁ (хелат – доза 2) (0,10%)	936	51,3	39,5	23,0	9,4	203,7	5,9	11,5
10. N ₆₀ P ₅₅ K ₁₀₀ с В и Zn+ Fe ₁ (хелат – доза 3 (0,15%))	752	65,7	50,6	21,0	9,7	197,2	5,2	12,5
11. N ₄₀ P ₃₀ K ₇₀ комплексное с В, Zn, Fe	953	54,3	41,8	23,3	9,5	212,7	5,7	12,4
12. N ₆₀ P ₅₀ K ₁₄₀ комплексное с В, Zn, Fe	1012	50,7	39,0	22,7	9,7	204,3	5,5	12,5
13. N ₆₀ P ₅₀ K ₁₄₀ с В, Zn, Fe + Эпин	1000	61,3	47,2	23,3	9,3	187,3	6,1	13,6
14. N ₆₀ P ₅₀ K ₁₄₀ с В, Zn, Fe + регулятор роста Гидрогумат	846	58,3	44,9	24,6	8,8	202,5	6,0	12,4
15. N ₆₀ P ₄₀ K ₉₆ (комплексное бесхлорное твердое)	984	51,0	39,3	26,0	9,1	240,8	5,9	13,9
НСР ₀₅	59,2	3,7	1,2	1,2	0,64	14,1	0,32	0,51

* 1-я подкормка – фазы всходов – начало елочки (борная кислота – 0,9 кг/га, сульфат цинка – 1,1 кг/га);

* 2-я подкормка – фаза елочка (сульфат меди – 0,2 кг/га, сульфат марганца – 0,22 кг/га)

Разные формы и дозы комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений оказали влияние и на элементы структуры урожая льна масличного в фазу полной спелости.

Количество стеблей на 1 м² изменялось от года исследований, форм и доз применяемых удобрений. Например, в 2006 г. оно различалось в зависимости от вариантов опыта и составляло на контрольном варианте 187, в вариантах с удобрениями – от 435 до 995 шт., соответственно в 2007 г. – 192 и 519-1038 и в 2008 г. – 385 и 906-1075, а в среднем за три года эти показатели составили 253 и 718-1012 шт. Следует отметить, что в вариантах с новыми формами комплексных удобрений количество стеблей на 1 м² было выше на 34-294 шт. (в зависимости от варианта опыта по сравнению со смесями стандартных туков.

Длина стебля общая и техническая в среднем за три года составляла на контрольном варианте 47,3 и 36,4 см, в вариантах с удобрениями – 51,0-65,7 и 39,3-41,6 см. Достоверное увеличение длины стебля общей и технической отмечалось в большинстве вариантов, за исключением отдельных вариантов (9, 12, 15), где эти показатели снижались, по сравнению с применением стандартных удобрений.

Количество коробочек на одном растении, в зависимости от вариантов опыта, в среднем за три года изменялось от 8,6 (на контроле) до 18,8-30,0 шт. в вариантах с удобрениями, соответственно количество семян в коробочке и на одном растении – 6,7 и 60,7 (контроль) и 8,4-10,4 и 176,7-261,2 шт.

Масса 1000 семян также изменялась в зависимости от вариантов опыта и составила на контроле в 2006 г. – 4,0 г, 2007 г. – 5,0 и 2008 г. – 5,0 г, а в вариантах с удобрениями соответственно 4,6-6,9 г, 5,2-6,9 и 5,4-6,2 г. В среднем за 2006-2008 гг. масса 1000 семян составила на контроле 4,7 г и в вариантах с удобрениями – 5,2-6,4 г.

Наиболее существенное влияние на увеличение массы 1000 семян в среднем за 2006-2008 гг. оказали комплексные удобрения: NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{80}P_{65}K_{120}$ (6,4 г), смеси стандартных туков в дозе $N_{60}P_{50}K_{140}$ (6,2), NPK с B, Zn, Fe и регуляторами роста растений (Эпин и Гидрогумат) в дозе $N_{60}P_{50}K_{140}$ (6,1-6,0 г), NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{40}P_{45}K_{80}$ (6,1 г), бесхлорные NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{60}P_{40}K_{96}$ (5,9 г) что в последствии сказалось на урожайности семян.

Урожайность семян в среднем за 2006-2008 гг. в зависимости от вариантов опыта находилась в пределах от 6,9 (контроль) до 9,4-14,5 ц/га (с удобрениями) с прибавкой от новых форм комплексных удобрений в пределах от 1,1 до 5,1 ц/га, по сравнению с базовым вариантом (урожайность 9,4 ц/га).

Результаты исследований показали, что между урожайностью семян льна масличного и элементами структуры урожая установлена корреляционная зависимость. Коэффициенты корреляции составили (в среднем по всем вариантам опыта): с количеством стеблей на m^2 – $r = 0,758$, с длиной стебля – $r = 0,347$, длиной стебля технической – $r = 0,347$, количеством коробочек на одном растении – $r = 0,622$, количеством семян в коробочке – $r = 0,458$, количеством семян на одном растении – $r = 0,609$ и массой 1000 зерен – $r = 0,602$.

ВЫВОДЫ

1. В период вегетации льна масличного максимальные темпы нарастания биомассы (сухое вещество) отмечались от фазы «елочка» к фазе бутонизации (в среднем по вариантам 4,57 раз), и, в меньшей степени, к фазе цветения (в 2,54 раза) и плодообразования (в 1,1 раз). В вариантах с новыми формами комплексных удобрений, вне зависимости от фазы развития льна масличного, накопление сухого вещества по отношению к внесению стандартных туков было в пределах от 0,97 до 1,5 раза. Максимальное накопление биомассы было в вариантах с комплексным удобрением NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{80}P_{65}K_{120}$ (в 1,55 раз), бесхлорным NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{60}P_{40}K_{96}$ (1,48 раз) и NPK с B, Zn, Fe и Эпином в дозе $N_{60}P_{50}K_{140}$ (1,45 раз), NPK с B, Zn, Fe при $N_{60}P_{50}K_{140}$ (1,35 раз) и NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{40}P_{30}K_{70}$ (1,32 раза).

2. Наиболее существенное влияние на формирование коробочек на растении, массу 1000 семян и урожайность семян льна, оказали комплексные удобрения NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{80}P_{65}K_{120}$, бесхлорные NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{60}P_{40}K_{96}$ и NPK с B, Zn, Fe и регуляторами роста растений (Эпин и Гидрогумат) в дозе $N_{60}P_{50}K_{140}$, что обеспечило увеличение урожайности семян в этих вариантах на 3,0 до 5,1 ц/га по сравнению с базовым вариантом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минкевич, И.А. Лен масличный в СССР / И.А. Минкевич. – Краснодар: Краевое книгоиздательство, 1940. – 188 с.
2. Минкевич, И.А. Культура льна-кудряша, периллы и льяллеманции / И.А. Минкевич. – Краснодар, 1949. – 108 с.
3. Минкевич, И.А. Лен масличный / И.А. Минкевич. – М.: Гос. изд-во сельхоз. литературы, 1957. – 179 с.
4. Буряков, Ю.П. Масличный лен / Ю.П. Буряков, В.К. Ивановский, П.Ф. Осипов. – М.: Россельхозиздат, 1971. – 110 с.
5. Бородин, И.В. Лен масличный в Западной Сибири / И.В. Бородин. – Новосибирск: Новосибирское книжное изд-во, 1958. – 152 с.
6. Рак, М.В. Влияние борных удобрений на урожайность и качество семян льна масличного при различной обеспеченности дерново-подзолистой почвы бором / М.В. Рак, Е.Н. Барашкова // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №1(44). – С.213-220.
7. Прудников, В.А. Продуктивность льна масличного в зависимости от нормы высева семян и доз азотного удобрения / В.А. Прудников [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – №5. – 2006. – С. 26-28.
8. Соловьев, А.Я. Льноводство / А.Я. Соловьев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
9. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. В.А. Щербакова. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 288 с.
10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
11. Ульяновчик, В.И. Основные элементы технологии возделывания льна масличного в условиях юго-запада Беларуси: материалы Международной научно-практической конференции «Стратегия и тактика экономической целесообразности адаптивной интенсификации земледелия, 1-2 июля 2004 г. – Земледелие и растениеводство. – № 1. – 2004.

INFLUENCE OF COMPLEX FERTILIZERS WITH MICROELEMENT ADDITIVES ON DYNAMICS OF ACCUMULATION OF A BIOMASS OF FLAX OLIVE PLANTS ON PHASES OF ITS DEVELOPMENT

Ju.G. Milosta

In field experiments with oil flax (2006-2008) on sod-podzolic porous loamy sand underlie from depth 0,5 m moraine loam soil, the influence of different forms and doses of complex fertilizers is studied. The fertilizers include trace elements additives (a boron and zinc), iron and plant growth regulators (Hidrohumat and Epin). On accumulation biomass of dry matter, on elements of crop yield structure of oil flax is studied. It is established that increase of the plant biomass changes in a greater degree on development phases, elements of crop structure depend on forms and doses of applied complex fertilizers. The most essential influence on formation of boxes on a plant, weight of 1000 seeds was rendered by variants with application of complex fertilizers NPK with B, Zn, Fe in dose $N_{80}P_{65}K_{120}$, non-chloric NPK with B, Zn, Fe in dose $N_{60}P_{40}K_{96}$, NPK with

B, Zn, Fe and Epin and Hidrohumat in dose $N_{60}P_{50}K_{140}$ has provided increase of seed productivity on 3,0-5,1 centner per hectare in comparison with a base variant.

Поступила 29 марта 2011 г.

УДК 633.367.631.445.2

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

**Т.М. Серая, Е.Г. Мезенцева, Е.Н. Богатырева, О.М. Бирюкова,
Р.Н. Бирюков, М.Э. Родина**

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в ряде высокоразвитых агропромышленных стран, с целью повышения продуктивности животноводства и снижения себестоимости продукции пристальное внимание уделяется высокобелковой бобовой культуре – люпину узколистному. Проблема дефицита белка, существующая в сельском хозяйстве Беларуси, наиболее остро выражена при балансировании концентрированных кормов, представленных в республике зерном злаковых культур, которое содержит недостаточное количество переваримого белка. Поэтому в решении задач производства кормового белка в Республике Беларусь особое значение принадлежит люпину узколистному, который по выходу белка с 1 га и его себестоимости не имеет себе равных среди зернобобовых культур [1, 2]. Люпин узколистный является высокобелковым кормовым растением, в семенах которого содержится в среднем от 30 до 40% белка с высоким качеством и хорошей переваримостью, и может использоваться на корм любым видам сельскохозяйственных животных без предварительной термообработки. Люпин сохраняет в почве положительный баланс гумуса. Фиксирует из воздуха до 160-180 кг азота на гектаре посева. Эффективно разуплотняет плужную подошву, хорошо дренажирует пахотный слой и подпахотные горизонты, уменьшает эрозию почвы, возвращает в корнеобитаемый горизонт почвы калий и другие макро- и микроэлементы, разлагает трудно-растворимые фосфаты [2].

Узколистный люпин не требователен к почве, однако наиболее высокий урожай дает не на песчаных, а на более связных суглинистых почвах. Нетребовательность объясняется мощной развитой корневой системой, обладающей высокой усвояющей способностью и способностью почти полностью удовлетворять свои потребности в азоте за счет атмосферного азота, усваиваемого клубеньковыми бактериями [3].

Люпин – влаголюбивое растение, особенно в начальный период развития, когда требуется вода для набухания и прорастания – до 170% от массы семян. Второй критический период наивысшей потребности люпина во влаге отмечается от фазы бутонизации до конца цветения. В это время растения еще не имеют хорошо развитой корневой системы, и недостаток влаги вызывает опадение цветков и снижение завязываемости плодов. Майско-июньская засуха может привести

к снижению урожая до 50%. Вместе с тем, кратковременный дефицит влаги люпин переносит безболезненно. Избыток влаги во второй период вегетации отрицательно сказывается на урожае семян, что связано с продолжительностью вегетационного периода [4].

Люпин – растение средней требовательности к теплу, при совокупности оптимальных условий для роста и развития в максимальной степени реализует свой потенциал продуктивности. С учетом того, что продуктивность люпина в меньшей степени зависит от уровня почвенного плодородия и применяемых удобрений, метеорологические факторы и их изменение во времени играют важную роль в формировании урожая и продолжительности вегетационного периода. Зависимость элементов продуктивности от метеоусловий имеет следующий характер: повышение температуры воздуха и увеличение суммы осадков до определенного оптимума оказывает положительное влияние на формирование репродуктивных органов. Однако избыток тепла, дефицит или избыток влаги ингибируют продукционный процесс. Реакция узколистного люпина в большей степени выражена на изменение среднесуточных температур, нежели на изменение величины осадков. Установлено, что у большинства зернобобовых в период цветения и плодоношения при температуре больше 30 °С происходит сбрасывание большого количества цветков и завязей [5]. Существенным недостатком люпина узколистного является высокая степень растрескиваемости бобов.

Цель исследований – изучить влияние удобрений на урожайность и качество зерна, баланс элементов питания при возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой супесчаной почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования с люпином узколистным проводили в 2009-2010 гг. на опытном участке в РУП “Экспериментальная база им. Суворова” Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной на морене почве. Схема опыта представлена в таблице 1. Опыт развернут в двух полях на фоне без заправки соломы и на фоне заправки соломы. Исследования проводили в севообороте: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале – люпин узколистный – ячмень. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки – 72 м² (4 × 18), учетная – 48 м² (3 × 16).

Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН_{KCl} 5,6-5,9, содержание P₂O₅ (0,2 М HCl) – 140-160 мг/кг, K₂O (0,2 М HCl) – 160-180 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М K₂Cr₂O₇) – 2,35-2,45%.

Органические удобрения в виде подстилочного навоза крупного рогатого скота (КРС) в севообороте вносили под кукурузу. Фосфорные (аммонизированный суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения вносили весной до посева культуры.

Агротехника возделывания – общепринятая для Республики Беларусь. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Учет урожая – сплошной поделяночный.

Химический состав образцов зерна люпина узколистного определяли на инфракрасном спектрофотометре «Инфрарapid», белковый азот – по методу Барнштейна (ГОСТ 10846-91), аминокислотный состав зерна – на жидкостном хрома-

тографе «Agilent-1100». Содержание сырого протеина вычисляли по количеству общего азота с последующим умножением на поправочный коэффициент 6,25, белка – умножением содержания белкового азота на коэффициент 5,5. Для оценки биологического качества зерна использовали показатели «аминокислотного сгора», рассчитанные по общепринятой методике [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Республика Беларусь находится в зоне с неустойчивыми климатическими характеристиками, которые имеют существенную изменчивость как от года к году, так и внутри сезона. Влияние метеорологических условий на рост, развитие культур и конечный урожай неоднозначно. Каждый отдельно взятый период вегетации вносит свой вклад в формирование урожайности [7].

Установлено, что погодные условия, сложившиеся в 2009-2010 гг. в период вегетации оказали значительное влияние на продуктивность люпина узколистного. Прывабны – урожайность по годам исследований различалась в 2 раза (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность зерна люпина узколистного

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Урожайность соломы, ц/га		
	2009 г.	2010 г.	среднее	2009 г.	2010 г.	среднее
Без удобрений	45,1	22,5	33,8	23,6	47,1	35,4
N ₁₃	43,7	21,8	32,7	24,3	43,6	34,0
N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	42,7	20,8	31,7	22,8	41,5	32,2
Последствие 20 т/га навоза – Фон 1	45,6	22,4	34,0	23,6	42,6	33,1
Фон 1+N ₁₃	43,8	22,9	33,3	22,8	48	35,4
Фон 1+ N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	42,8	21,5	32,1	23,6	40,8	32,2
Последствие 40 т/га навоза – Фон 2	45,5	22,7	34,1	25	45,7	35,4
Фон 2+N ₁₃	43,3	22,9	33,1	25,8	48,2	37,0
Фон 2+ N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	43,1	20,8	32,0	25	43,3	34,2
Последствие 60 т/га навоза – Фон 3	45,4	21,2	33,3	24,3	42,3	33,3
Фон 3+ N ₁₃	43,2	22,5	32,8	24,3	45	34,7
Фон 3+ N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	44,8	22,9	33,9	25	48,8	36,9
НСР ₀₅	3,5	2,1	2,9	2,4	2,3	2,3

В 2009 г. среднесуточная температура воздуха за вегетационный период (апрель-август) составила 14,7 °С, что на 1,0 °С выше среднемноголетней. Теплее обычного были апрель и июль. По количеству осадков вегетационный период 2009 г. превысил среднемноголетние значения в 1,4 раза, при этом в апреле выпало 10% (ГТК 0,3), в июне – 315% от среднемноголетнего значения (ГТК 5,6). Несмотря на это, 2009 г. в целом был достаточно благоприятным для роста и развития люпина узколистного: при соблюдении технологии возделывания на фоне интегрированной защиты урожайность зерна в среднем по опыту составила 44,1 ц/га, урожайность соломы – 24,2 ц/га.

В 2010 г. распределение осадков по месяцам в период вегетации люпина узколистного было достаточно равномерным и близким к среднемноголетним значениям. В целом за вегетационный период 2010 г. выпало 339 мм осадков при среднемноголетнем показателе 361 мм. Лимитирующим фактором формирования урожайности зерна люпина в 2010 г. был температурный режим. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период 2010 г. составила 17,4 °С, что на 3,7 °С выше среднемноголетней. Негативное влияние на завязывание семян люпина оказали высокие температуры в период бутонизации-цветения: среднесуточная температура в июле была на 5,3 °С выше среднемноголетней при повышении дневных температур до 34-36 °С (ГТК 1,0). Высокие дневные температуры в конце июня-июле спровоцировали сбрасывание цветков и завязей, что и определило значительное снижение продуктивности зерна люпина. В среднем по вариантам урожайность зерна люпина в 2010 г. была в 2 раза ниже, чем в предыдущем году и составила 22,1 ц/га. Урожайность соломы, наоборот, была в 1,9 раз выше и составила 44,7 ц/га. В результате с 1 ц зерна в 2009 г. получено 0,5 ц соломы, в 2010 г. – 2,0 ц соломы.

Похожие данные получены в исследованиях М.И. Курейчика: при возделывании люпина узколистного засушливый период со 2-ой декады июня до 2-ой декады июля также отрицательно сказался на завязываемости семян [8]. Авторы работ [9, 10] также отмечают, что люпин узколистный обладает потенциальной возможностью давать высокие урожаи зерна при свойственной ему относительно низкой и неустойчивой урожайности в связи с объективными (вытекающими из биологических особенностей культуры) и субъективными причинами, вызываемыми огромной абортивностью цветков, семян в бобах и частично сформированных бобов.

Известно, что одной из особенностей люпина узколистного является слабая отзывчивость на минеральные удобрения, а минеральный азот подавляет развитие клубеньковых бактерий и снижает активность азотфиксации. При внесении азотных удобрений люпин переходит на автотрофный тип питания и вместо накопления азота становится азотопотребителем. В отношении доз внесения фосфорных и калийных удобрений под люпин имеются противоречивые мнения. Значительная часть исследователей сходится на том, что наиболее эффективны умеренные дозы фосфора и калия – $P_{30-60}K_{60-90}$, дальнейшее увеличение доз нерационально. О высокой эффективности применяемых минеральных удобрений под люпин сообщают В.В. Бузумаков, А.А. Очиченко [11, 12]. По мнению других ученых [13, 14], люпин хорошо использует последствие удобрений, поэтому непосредственное внесение фосфорных и калийных удобрений нецелесообразно. В литературе также имеются данные, указывающие на отсутствие эффекта от внесения фосфорных и калийных удобрений и даже об отрицательном их действии на урожайность, снижение содержания белка в продукции [15].

В результате проведенных исследований нами установлено, что изучаемые виды и дозы удобрений не оказали достоверного влияния на продуктивность люпина узколистного (табл. 1).

Для определения оптимальной дозы внесения минеральных удобрений необходим анализ химического состава растений, так как он отражает состояние питания его и потребность в удобрении. К моменту созревания азот и фосфор в большей степени концентрируются в зерне, калий, кальций и магний – в соло-

ме люпина узколистного. В среднем за 2 года содержание элементов питания в зерне люпина составило: N – 5,37-5,47%; P₂O₅ – 1,37-1,45%; K₂O – 1,27-1,32%; CaO – 0,28-0,29%; MgO – 0,27-0,30%. Содержание элементов питания в соломе возделываемой культуры варьировало в пределах: N – 1,33-1,38%; P₂O₅ – 0,46-0,51%; K₂O – 1,95-2,42%; CaO – 0,62-0,66%; MgO – 0,41-0,44%. На основании данных химического состава люпина узколистного рассчитан удельный вынос элементов питания с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы: N – 59,7 кг/т; P₂O₅ – 16,8; K₂O – 29,9; CaO – 8,6; MgO – 6,4 кг/т.

Для характеристики качества продукции необходимо знать не только содержание элементов питания, следует также учитывать и их соотношение, так как их избыток или неблагоприятное соотношение отрицательно сказывается на качестве корма. Оптимальное соотношение калия к сумме кальция и магния составляет 1,4, допустимое – 2,2. Установлено, что по вариантам опыта отмечалось благоприятное соотношение K/(Ca+Mg), которое находилось на уровне 1,1.

Важной проблемой животноводства республики является дефицит растительного белка: недостаток его в кормопроизводстве в настоящее время составляет около 20-25% от общей потребности [16]. Поэтому увеличение площадей под высокобелковые культуры – одно из приоритетных решений улучшения питательной ценности корма.

В наших исследованиях содержание белка в зерне люпина узколистного составило 29,5-30,1% при незначительной вариабельности по вариантам (табл. 2). Сбор белка с 1 га составил 814-868 кг, при содержании сырого протеина 289-294 г/кг, белка – 254-259 г/кг корма. При рекомендуемой для КРС обеспеченности 1 к.ед. 95-110 г переваримого протеина, обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином зерна люпина узколистного была на уровне 229-233 г (для сравнения у зерна озимого тритикале – 65-72 г [17]).

Таблица 2

Показатели качества зерна люпина узколистного в зависимости от применяемых удобрений (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	Сбор к.ед., ц/га	Сырой протеин, %	Белок, %	Сбор белка, кг/га	Сбор КПЕ, ц/га	Сп, г/кг корма	Пп, г/кг корма	Обеспеченность 1 к.ед. Пп, г
Без удобрений	37,5	33,9	29,9	868	70,8	292	257	231
N ₁₃	36,3	33,8	29,8	837	68,4	291	256	231
N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	35,2	33,9	29,9	814	66,4	292	257	231
Последствие 60 т/га навоза – Фон 3	37,0	34,2	30,1	862	70,2	294	259	233
Фон 3+ N ₁₃	36,4	33,6	29,5	833	68,2	289	254	229
Фон 3+ N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	37,5	33,8	29,8	868	70,9	291	256	231
НСР ₀₅	3,2							

Полноценность и питательные качества белка определяются не только его количеством, немаловажное значение имеет его аминокислотный состав. Полноценные белки содержат все необходимые аминокислоты в соответствии с потребностями организма. Способность обеспечивать нормальный рост, жизнеде-

тельность и продуктивность животного организма определяет биологическую ценность белка [16].

В наших исследованиях не выявлено какой-либо определенной закономерности в изменении содержания аминокислот в зерне люпина узколистного под влиянием удобрений (табл. 3).

Таблица 3

**Аминокислотный состав зерна люпина узколистного
(среднее за 2009-2010 гг.), г/кг зерна**

Вариант	Содержание аминокислот							Сумма критических кислот	Сумма незаменимых аминокислот
	лизин	треонин	метионин	валин	изолейцин	лейцин	фенилаланин		
Без удобрений	8,42	8,33	1,55	11,04	11,39	18,36	10,36	18,30	69,45
N ₁₃	8,13	7,93	1,51	10,67	10,93	17,45	9,88	17,57	66,50
N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	8,91	8,10	1,51	10,77	11,10	17,84	10,03	18,52	68,26
Последствие 60 т/га навоза – Фон 3	8,45	8,55	1,60	11,45	11,66	18,74	10,63	18,60	71,07
Фон 3+ N ₁₃	7,77	8,17	1,48	10,98	11,16	17,87	10,14	17,41	67,56
Фон 3+ N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	8,46	8,23	1,48	11,02	11,20	17,83	10,11	16,87	67,02

Этот факт подтверждает мнение ряда исследователей о том, что аминокислотный состав в большей степени зависит от биологических и сортовых особенностей растения, чем от условий питания [18, 19]. Можно лишь отметить, что зерно люпина, полученное в варианте с последствием подстилочного навоза, характеризуется наиболее благоприятными показателями по содержанию незаменимых аминокислот в белке (табл. 4). Применение полного минерального удобрения обеспечило наибольшее накопление лизина в зерне люпина – 54% от рекомендованных норм ФАО/ВОЗ.

По содержанию фенилаланина (выполняет функцию строительного блока белков) и изолейцина (является источником энергии для мышечных клеток), белок люпина узколистного приближен к стандарту. Их содержание составило в среднем по вариантам 98 и 95% соответственно от рекомендованных норм ФАО/ВОЗ.

При дефиците или отсутствии хотя бы одной незаменимой аминокислоты эффективность использования корма существенно понижается. Незаменимую аминокислоту в растительном белке, количество которой минимально по сравнению с ее количеством в белке яйца, называют лимитирующей. Установлено, что первой лимитирующей аминокислотой в белке люпина узколистного Прывабны является метионин (серосодержащая аминокислота), второй – лизин, при этом содержание метионина составило 21-22%, лизина – 48-54% от рекомендуемых показателей ФАО/ВОЗ.

При расчете биологической ценности белка люпина узколистного, на основании аминокислотного состава зерна, установлено, что содержание критических аминокислот по опыту составило 46-48%, незаменимых аминокислот – 68-72% от аминокислотной нормы ФАО/ВОЗ с максимальными показателями в варианте 3-го года последствие навоза.

Содержание аминокислот в белке и биологическая ценность белка в зерне люпина узколистного, % от рекомендованных норм ФАО/ВОЗ (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	Содержание аминокислот, %							Биологическая ценность белка, %	
	лизин ^{*л2}	треонин [*]	метионин ^{*л1}	валин	изолейцин	лейцин	фенилаланин	АКкр	Акн
	Без удобрений	51	70	22	74	96	88		
N ₁₃	50	67	21	72	92	84	95	46	68
N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	54	68	21	72	93	86	96	48	70
Последействие 60 т/га навоза – Фон 3	51	71	22	76	97	89	101	48	72
Фон 3+ N ₁₃	48	69	21	74	95	87	98	46	70
Фон 3+ N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	52	69	21	74	94	86	97	47	71

* Критические аминокислоты; л1 – первая лимитирующая кислота; л2 – вторая лимитирующая кислота

Для оценки эффективности применяемых минеральных удобрений при возделывании люпина узколистного на основании полученных экспериментальных данных рассчитан хозяйственный баланс элементов питания и интенсивность баланса. Состояние баланса элементов питания в системе «удобрение-почва-растение» 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 [20].

Расчеты показали, что возделывание люпина узколистного без применения удобрений обеспечило отрицательный баланс всех основных элементов минерального питания (табл. 5).

Внесение аммонизированного суперфосфата в дозе 50 P₂O₅ кг/га и хлористого калия в дозе K₂O 110 кг/га практически восполнили вынос фосфора и калия с урожаем люпина. Исследования показали, что запашка соломы люпина на удобрение способствовала существенному улучшению баланса элементов питания, особенно калия. На фоне запашки соломы получен слабоположительный баланс азота, для поддержания бездефицитного баланса фосфора и калия доза фосфорных удобрений может быть снижена на 10 кг/га д.в., доза калийных удобрений – на 80-90 кг/га д.в.

Таким образом, несмотря на то, что внесение фосфорных и калийных удобрений не оказало существенного влияния на продуктивность люпина узколистного, внесение их необходимо для поддержания плодородия почвы. На дерново-подзолистой супесчаной почве, среднеобеспеченной подвижными формами фосфора и калия, при возделывании люпина узколистного на зерно для поддержания бездефицитного баланса фосфора и калия требуется внесение 50-60 кг/га д.в. фосфорных удобрений

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

и 100-110 кг/га д.в. калийных удобрений. При условии заправки соломы после уборки люпина на зерно требуемая доза фосфора составляет 40 кг/га, калия – 20 кг/га.

Таблица 5

Баланс элементов питания при возделывании люпина узколистного на зерно (среднее за 2009-2010 гг.)

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		CaO		MgO	
	Ба-ланс, + кг/га	ИБ,%	Ба-ланс, + кг/га	ИБ,%	Ба-ланс, + кг/га	ИБ,%	Ба-ланс, + кг/га	ИБ,%	Ба-ланс, + кг/га	ИБ,%
на фоне без заправки соломы										
Без удобрений	-40	82	-57	3	-103	10	-68	27	-31	14
N ₁₃	-28	87	-54	3	-102	10	-67	27	-30	14
N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	-25	88	-2	97	9	108	-67	27	-29	15
Последствие 60 т/га навоза – Фон	-38	82	-55	3	-110	10	-67	27	-30	14
Фон + N ₁₃	-26	88	-54	3	-113	9	-68	27	-30	14
Фон + N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	-30	87	-6	90	-10	92	-70	26	-31	14
на фоне заправки соломы										
Без удобрений	7	103	-41	26	-21	83	-47	47	-18	49
N ₁₃	17	107	-41	28	-22	83	-47	49	-18	50
N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	16	107	11	121	89	172	-47	47	-17	49
Последствие 60 т/га навоза – Фон	5	102	-41	26	-20	83	-47	48	-18	49
Фон + N ₁₃	16	107	-40	27	-21	84	-47	48	-17	50
Фон + N ₁₃ P ₅₀ K ₁₁₀	15	107	10	117	88	167	-48	48	-18	49

ВЫВОДЫ

1. Возделывание люпина узколистного на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой моренным суглинком почве, среднеобеспеченной подвижными формами фосфора и калия в условиях 2009-2010 гг. обеспечило получение в среднем 33,1 ц/га зерна с различием по годам в 2 раза. Средний удельный вынос с 1 т зерна и соответствующим количеством соломы составил: N – 59,7 кг/т, P₂O₅ – 16,8, K₂O – 29,9, CaO – 8,6, MgO – 6,4 кг/т.

Содержание белка в зерне люпина узколистного составило 29,5-30,1% при незначительной вариабельности по вариантам. Сбор белка с 1 га составил 814-868 кг, при содержании сырого протеина 289-294 г/кг, переваримого протеина – 254-259 г/кг корма, обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином была на уровне 229-233 г.

2. Для поддержания бездефицитного баланса подвижных форм фосфора и калия в почве при возделывании люпина узколистного на зерно следует внести 50-60 кг/га д.в. фосфорных удобрений и 100-110 кг/га д.в. калийных удобрений; при условии заправки соломы люпина требуемая доза фосфора составляет 40 кг/га, калия – 20 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Булавин, Л.А. Как уменьшить засоренность посевов люпина узколистного? / Л.А. Булавин // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – №2(58). – С. 59-61.
2. Особенности возделывания люпина узколистного / В.В. Гринь [и др.] // Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. тр.: под общ. ред. М.А. Кадырова. – Минск: Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси, 2005. – С. 124 -133.
3. Перспективы возделывания зернобобовых культур и их продуктивность: монография / Е.А. Томкина // НовГУ им. Ярослав Мудрого. – Великий Новгород, 2009. – 149 с.
4. Технологические основы производства семян люпина узколистного (рекомендации) / В.В. Гринь [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – №1 (33). – С. 22-24.
5. Купцов, И.С. Люпин. Генетика, селекция, гетерогенные посевы / И.С. Купцов, И.П. Такунов. – Брянск, 2006. – 576 с.
6. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 14 с.
7. Гольберг, М.А. Опасные влияния погоды и урожай / М.А. Гольберг, Г.В. Волобуева, А.А. Фалей. – Минск: Ураджай, 1988. – 120 с.
8. Курейчик, М.И. Продуктивность сортов узколистного кормового люпина в условиях супесчаных почв Минской области / М.И. Курейчик // Кормопроизводство: технологии, экономика, почвосбережение: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 25-26 июля 2009 г. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; редкол. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск, 2009. – С. 117-120.
9. Тарануха, Г.И. Люпин. Биология, селекция и технология возделывания: учеб. пособие / Г.И. Тарануха. – Горки: БГСХА, 2001. – 112 с.
10. Персикова Т.Ф. Продуктивность люпина узколистного в условиях Беларуси / Т.Ф. Персикова, А.Р. Цыганов, А.В. Какшинцев. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – 179 с.
11. Бузмаков, В.В. Кормовой люпин в Нечерноземной зоне / В.В. Бузмаков. – Минск: Россельхозиздат, 1977. – 94 с.
12. Очиченко, А.Л. Значение минеральных удобрений при выращивании желтого кормового и узколистного люпинов на зеленую массу и семена в Предуралье / А.Л. Очиченко // Окультуривание дерново-подзолистых почв в Предуралье: сб. тр. Пермского гос. с.-х. ин-та. – Пермь, 1976. – Т. 115. – С. 106-113.
13. Трепачев, Е.П. Люпин как источник биологического азота в почве / Е.П. Трепачев, Н.Л. Атрашкова, А.Д. Човжик // Селекция, семеноводство и приемы возделывания люпина: сб. ст. – Орел, 1974. – С. 66-69.
14. Холодов, А.Г. Влияние удобрений на химический состав зерна и зеленой массы желтого кормового люпина / А.Г. Холодов, С.Ф. Тимофеев: сб. науч. тр. / Бел НИИ земледелия. – Жодино, 1983. – Вып. 27. – С. 91-95.
15. Рахуба, М.К. Воздействие удобрений и известкования на урожайность кукурузы и люпина / М.К. Рахуба, Л.Д. Чичко // Почвенные исследования и применение удобрений. – Минск, 1980. – Вып. 1. – С. 86-89.

16. Купцов, Н.С. Роль белка и его аминокислотный состав в основных зернофуражных культурах / Н.С. Купцов, В.Ч. Шор // Наше сельское хозяйство. – 2009. – №5. – С. 8-13.

17. Качественный состав зерна озимого тритикале в зависимости от применения удобрений / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 109-117.

18. Моисеенко, Б.Н. Влияние удобрений на содержание аминокислот в зерне и листьях кукурузы молочно-восковой спелости / Б.Н. Моисеенко. – Киев, 1978. – С. 92-95.

19. Приступа, С.Л. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства почв, урожай и качество растениеводческой продукции / С.Л. Приступа. – Киев, 1978. – С. 78-83.

20. Методика расчета элементов питания в земледелии Республики Беларусь / Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 24 с.

PRODUCTIVITY OF BLUE LUPINE ON SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL

**T.M. Seraya, E.G. Mezentseva, E.N. Bogatyreva,
O.M. Biryukova, R.N. Biryukov, M.E. Rodina**

Summary

Cultivation of blue lupine on sod-podzolic loamy sand soil, medium supplied by mobile forms of phosphorus and potassium has ensured in the average 33,1 ts/hectares of grain. Influence of fertilizers on productivity of grain was uncertain. Average specific removal with 1 т of grain and corresponding quantity of straw was: N – 59,7 kg/t; P₂O₅ – 16,8; K₂O – 29,9; CaO – 8,6; MgO – 6,4 kg/t.

For self-supporting of balance of mobile forms of phosphorus and potassium in soil at cultivation of blue lupine for grain production it is necessary to apply 50-60 P₂O₅ kg/hectares of phosphoric fertilizers and 100-110 K₂O kg/hectares of potassium fertilizers; under a condition of lupine straw tillage the demanded rate of phosphorus is 40 kg/hectares, potassium – 20 kg/hectares.

Поступила 14 марта 2011 г.

УДК 631.82:631.85.095.337:633.367

ВЛИЯНИЕ КОБАЛЬТОВЫХ И МАРГАНЦЕВЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ И ЗЕРНЕ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

Т.Г. Николаева

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем сельскохозяйственного производства республики является проблема производства кормового белка. Кормовой белок – важ-

ный элемент в организации кормления сельскохозяйственных животных. От его количества и качества зависит рациональное использование кормовых ресурсов и, в конечном итоге, качество и себестоимость животноводческой продукции. В настоящее время обеспеченность животных растительным белком составляет 85-86 г на одну кормовую единицу, что ниже зоотехнических норм на 22%. Дефицит одного грамма переваримого протеина в кормовой единице влечет перерасход кормов для получения 1 кг молока и мяса в 1,8-2,2 раза. Это приводит к увеличению себестоимости продукции и снижению эффективности отрасли [1-3].

В решении белковой проблемы важная роль принадлежит зернобобовым культурам, среди которых большое кормовое и агротехническое значение имеет люпин узколистный. В семенах узколистного люпина содержится до 40% белка, что является высоким показателем и сопоставимо с содержанием белка в сое. Белок люпина отличается высоким качеством, хорошей переваримостью. Зерно и зеленая масса узколистного люпина с хорошими результатами используется в кормлении всех видов сельскохозяйственных животных [4-7].

Необходимость обеспечения максимальных сборов высококачественной продукции усиливает необходимость применения микроудобрений. В последнее время большое значение уделяется улучшению микроэлементного состава растениеводческой продукции для получения кормов высокого качества, оптимизированных по содержанию питательных элементов. В современных технологиях возделывания зернобобовых культур важное значение имеет кобальт и марганец. Данные микроэлементы участвуют в различных биохимических процессах, происходящих в растительной клетке, способствуют накоплению питательных веществ, активируют ряд ферментов. Недостаточная обеспеченность растений микроэлементами является частой причиной ухудшения качества кормов, что, в свою очередь, приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных животных. Дефицит кобальта в кормах Республики Беларусь составляет 70-80%, марганца – 10-20% [8-12].

В Беларуси за последние годы ассортимент применяемых микроудобрений расширяется за счет применения хелатов микроэлементов. Хелатные формы микроудобрений в малых дозах обеспечивают максимальную продуктивность растений, отличаются низкой токсичностью и высокой технологичностью [13-15].

В связи с вышеизложенным, исследования по применению кобальтовых и марганцевых микроудобрений при возделывании люпина узколистного являются актуальными. Цель исследований – изучить влияние некорневых подкормок сернокислыми солями кобальта и марганца, комплексонатами указанных микроэлементов на содержание микроэлементов в зеленой массе и зерне люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния некорневых подкормок кобальтом и марганцем на урожайность и качество зеленой массы и зерна люпина узколистного проводили в 2006-2007 гг. в полевом опыте, заложенном в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном легком лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта почвы опытного участка: $pH_{KCl} - 5,5-6,0$, содержание гуму-

са – 2,2%, P_2O_5 – 238-244 мг/кг почвы, K_2O – 178-184 мг/кг почвы, Со – 0,55-0,6 мг/кг почвы, Мп – 1,5 мг/кг почвы, В – 0,5-0,6 мг/кг почвы.

В опыте возделывали люпин узколистый Миртан. Норма высева 1,2 млн. всхожих семян/га. Предшественник люпина узколистного – озимая пшеница.

Обработка почвы включала: зяблевую вспашку, ранневесеннюю культивацию и предпосевную обработку.

Схема опыта развернута на фоне минеральных удобрений – $P_{60}K_{120}$, которые вносили в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия под культивацию. Повторность в опыте трехкратная, общая площадь делянки – 18 м².

Схема опыта включает варианты с возрастающими дозами кобальта и марганца 25, 50 и 75 г/га д.в. Указанные дозы микроэлементов вносили в виде некорневых подкормок в форме сернокислого кобальта и марганца и в форме хелатов микроэлементов. Некорневые подкормки микроэлементами проводили в фазы всходов, бутонизации и конец цветения – начало образования сизых бобов. Некорневую подкормку борной кислотой проводили в фазу бутонизации.

Уход за посевами включал внесение после посева до всходов почвенного гербицида примэкстра голд для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными сорняками. Норма расхода 2 л/га.

Учет урожайности зеленой массы люпина узколистного проводили в фазу сизых бобов поделяночно сплошным методом. Учет урожайности и уборку зерна проводили в фазу спелого боба прямым комбайнированием. Урожайность зерна приводили к стандартной влажности – 14%.

Содержание кобальта и марганца в зеленой массе и зерне определяли по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТами. Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Некорневые подкормки кобальтовыми удобрениями в фазу всходов не оказали существенного влияния на накопление кобальта в растениях. При проведении некорневых подкормок в эту фазу содержание кобальта в зеленой массе и зерне люпина узколистного было ниже оптимального уровня содержания этого элемента в кормах (0,3-0,9 мг/кг сухой массы).

Некорневые подкормки кобальтовыми удобрениями в фазу бутонизации способствовали повышению содержания кобальта в растениях люпина узколистного. При проведении в эту фазу некорневых подкормок сернокислым кобальтом, содержание элемента в зеленой массе составило 0,13-0,25 мг/кг сухой массы. В зерне содержание кобальта было несколько выше и составило 0,50-0,52 мг/кг сухой массы (табл. 1).

Внесение в фазу бутонизации хелата кобальта способствовало более значительному повышению содержания кобальта по сравнению с применением сульфата кобальта: на 0,14-0,15 мг/кг сухой массы в зеленой массе и на 0,01-0,08 мг/кг сухой массы в зерне люпина.

При внесении в фазу бутонизации кобальтовых удобрений по фону бора в дозе 50 г/га д.в. содержание кобальта в зеленой массе в среднем за два года исследований составило 0,32 мг/кг при применении сульфата кобальта и 0,42 мг/кг сухой массы при внесении комплексоната кобальта. В зерне содержание элемента было несколько выше и составило 0,50 и 0,55 мг/кг сухой массы соответственно.

**Влияние некорневых подкормок кобальтовыми удобрениями
на содержание кобальта в зеленой массе и зерне люпина узколистного,
мг/кг сухой массы (среднее за 2006-2007 гг.)**

Вариант	Зеленая масса		Зерно	
	сульфат кобальта	хелат кобальта	сульфат кобальта	хелат кобальта
P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	0,08		0,13	
Бутонизация				
Co ₂₅	0,13	0,28	0,50	0,55
Co ₅₀	0,25	0,39	0,52	0,60
Co ₇₅	0,17	0,32	0,52	0,53
Co ₂₅ Mn ₂₅	0,14	0,31	0,50	0,53
Co ₅₀ Mn ₅₀	0,27	0,46	0,52	0,59
Co ₇₅ Mn ₇₅	0,33	0,40	0,52	0,52
B ₅₀ Co ₅₀	0,32	0,42	0,50	0,55
B ₅₀ Co ₅₀ Mn ₅₀	0,29	0,40	0,50	0,54
Конец цветения – начало образования сизых бобов				
Co ₂₅	0,49	0,75	0,61	0,74
Co ₅₀	0,69	0,81	0,70	0,80
Co ₇₅	0,54	0,73	0,45	0,72
Co ₂₅ Mn ₂₅	0,54	0,64	0,58	0,71
Co ₅₀ Mn ₅₀	0,67	0,79	0,68	0,80
Co ₇₅ Mn ₇₅	0,63	0,71	0,49	0,70
Co ₅₀ + Co ₅₀ *	0,78	0,88	0,77	0,90
НСП ₀₅	0,17		0,16	

* Некорневые подкормки в два срока: 1 – бутонизация, 2 – конец цветения – начало образования сизых бобов

Некорневые подкормки кобальтовыми и марганцевыми удобрениями на фоне внесения борной кислоты также способствовали существенному повышению содержания кобальта в урожае люпина узколистного по сравнению с фоновым вариантом.

Проведение некорневых подкормок кобальтовыми удобрениями в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов позволило наиболее значительно улучшить микроэлементный состав зеленой массы и зерна люпина узколистного. При применении в эту фазу сернокислого кобальта наибольшее содержание элемента как в зеленой массе, так и в зерне люпина отмечено в вариантах, где кобальтовые удобрения вносили в дозе 50 г/га д.в.

Некорневые подкормки хелатом кобальта способствовали более значительному улучшению микроэлементного состава урожая люпина узколистного. При этом самое высокое содержание элемента в зеленой массе и зерне получено при внесении хелата кобальта в дозе 50 г/га д.в.

Самое высокое содержание кобальта в зеленой массе (0,88 мг/кг сухой массы) и в зерне (0,90 мг/кг сухой массы) отмечается в вариантах, где некорневые под-

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

кормки кобальтовыми удобрениями проводили в два срока: в фазу бутонизации и в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов.

При совместном внесении кобальтовых и марганцевых удобрений наибольшее увеличение содержания кобальта в зеленой массе и зерне отмечено в вариантах, где применяли хелаты кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в. в фазу в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов. При этом содержание кобальта в зеленой массе в среднем за два года исследований составило 0,79 мг/кг, а в зерне – 0,80 мг/кг.

По результатам исследований установлено, что некорневые подкормки марганцевыми удобрениями способствовали значительному накоплению марганца в зеленой массе и зерне люпина узколистного (оптимальное содержание в кормах сельскохозяйственных животных – 20-60 мг/кг сухой массы). При этом величина накопления элемента в урожае зависела от сроков проведения некорневых подкормок и доз марганцевых удобрений (табл. 2).

Таблица 2

Влияние некорневых подкормок марганцевыми удобрениями на содержание марганца в зеленой массе и зерне люпина узколистного, мг/кг сухой массы (среднее за 2006-2007 гг.)

Вариант	Зеленая масса		Зерно	
	сульфат марганца	хелат марганца	сульфат марганца	хелат марганца
P ₆₀ K ₁₂₀ -фон	6,2		5,8	
Бутонизация				
Mn ₂₅	18,9	23,4	19,9	25,7
Mn ₅₀	28,5	33,4	27,3	31,8
Mn ₇₅	23,8	30,3	24,0	29,6
Co ₂₅ Mn ₂₅	22,9	23,4	20,1	25,8
Co ₅₀ Mn ₅₀	29,1	33,4	27,5	32,4
Co ₇₅ Mn ₇₅	25,1	33,9	24,2	30,1
B ₅₀ Mn ₅₀	27,9	33,3	27,2	31,4
B ₅₀ Co ₅₀ Mn ₅₀	28,9	33,4	27,1	32,1
Конец цветения – начало образования сизых бобов				
Mn ₂₅	35,9	44,4	34,8	42,8
Mn ₅₀	38,9	51,0	37,8	45,8
Mn ₇₅	35,6	48,6	34,5	39,7
Co ₂₅ Mn ₂₅	36,0	45,2	35,1	43,0
Co ₅₀ Mn ₅₀	38,8	51,3	37,9	46,2
Co ₇₅ Mn ₇₅	35,8	51,1	34,8	39,5
Mn ₅₀ +Mn ₅₀ *	53,1	64,2	40,9	48,9
HCP ₀₅	5,0		4,5	

* Некорневые подкормки в два срока: 1 – бутонизация, 2 – конец цветения – начало образования сизых бобов

Некорневые подкормки марганцевыми удобрениями в фазу всходов оказали существенное влияние на накопление марганца в зеленой массе и зерне люпи-

на узколистного. При применении марганца в эту фазу, содержание элемента в зеленой массе в среднем за два года исследований составило 9,7-13,6 мг/кг, в зерне – 11,1-15,7 мг/кг сухой массы

При проведении некорневых подкормок марганцем в фазу бутонизации отмечалось более значительное накопление марганца растениями люпина узколистного. Так, содержание марганца в зеленой массе люпина узколистного составило 18,9-28,5 мг/кг сухой массы при внесении сульфата марганца и 23,4-33,4 мг/кг при применении хелата марганца, что соответствует нижней границе оптимальной концентрации марганца в кормах для сельскохозяйственных животных. В зерне содержание марганца составило 19,9-31,8 мг/кг сухой массы, что также соответствует нижнему уровню оптимального содержания марганца в кормах.

Применение в фазу бутонизации сульфата марганца на фоне внесения бора в дозе 50 г/га д.в. содержание марганца в зеленой массе в среднем за два года исследований составило 27,9 мг/кг сухой массы и 33,3 мг/кг сухой массы при внесении хелата марганца. В зерне содержание элемента было несколько ниже и составило 27,2 и 31,4 мг/кг сухой массы соответственно.

Некорневые подкормки хелатами кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в. на фоне внесения борной кислоты также способствовали существенному повышению содержания марганца в зеленой массе и зерне люпина узколистного по сравнению с фоном.

Проведение некорневых подкормок марганцевыми удобрениями в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов способствовало наиболее значительному повышению содержания марганца в зеленой массе и зерне люпина узколистного. Внесение сернокислого марганца позволило повысить содержание марганца в зеленой массе до 35,6-38,9 мг/кг, в зерне – до 34,5-37,8 мг/кг сухой массы, что соответствует оптимальной концентрации элемента в кормах для сельскохозяйственных животных. Некорневые подкормки в эту фазу хелатом марганца обеспечили наиболее существенное повышение концентрации элемента в зеленой массе и зерне люпина. При этом наиболее высокое содержание марганца наблюдается в варианте, где применяли хелат марганца в дозе 50 г/га д.в.: содержание марганца в зеленой массе составило 51,0 мг/кг, а в зерне – 45,8 мг/кг сухой массы.

Применение марганцевых удобрений в два срока: в фазу бутонизации и в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов позволило максимально повысить содержание элемента в урожае люпина. При этом содержание марганца в зеленой массе составило 64,2 мг/кг, а в зерне – 48,9 мг/кг сухой массы.

При применении марганца совместно с кобальтом наибольшее увеличение содержания элемента в зеленой массе и зерне отмечено при проведении некорневых подкормок в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов. При этом максимальное содержание марганца отмечено в варианте, где вносили хелаты марганца и кобальта в дозе по 50 г/га д.в.

ВЫВОДЫ

1. При возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, слабо обеспеченной подвижным кобальтом некорневые подкормки хелатом кобальта в дозе 50 г/га д.в. в фазу конец цветения – начало образования

сизых бобов повышало содержание кобальта в зеленой массе до 0,81 мг/кг сухой массы, в зерне – до 0,80 мг/кг сухой массы, что соответствует оптимальному содержанию элемента в кормах.

2. Некорневые подкормки марганцем в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов способствовали наибольшему накоплению элемента в растениях люпина узколистного. Максимальное повышение содержания марганца в зеленой массе и зерне люпина узколистного отмечалось при внесении хелата марганца в дозе 50 г/га д.в. (51,0 и 45,8 мг/кг сухой массы соответственно).

3. При внесении в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов кобальта совместно с марганцем, наиболее высокое содержание микроэлементов в зеленой массе и зерне отмечено при внесении хелатов кобальта и марганца в дозах по 50 г/га д.в.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукреш, Л.В. Растениеводство Беларуси: основные проблемы и пути их решения / Л.В. Кукреш // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – №12. – С. 4-9.

2. Программа по обеспечению животноводства растительным белком на 2008-2012 годы / Г.П. Романюк [и др.]; под ред. Н.А. Сиводедова; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Республики Беларусь, НАН Беларуси. – Минск: Белорусский науч. ин-т внедр. новых форм хозяйствования в АПК. – 2008. – 88 с.

3. Иоффе, В.Б. Практика кормления молочного скота: пособие для зоотехников и заведующих ферм / В.Б. Иоффе. – Молодечно: Победа, 2005. – 164 с.

4. Кадыров, М.А. Расширение посевов узколистного люпина – стратегическая цель земледелия Беларуси / М.А. Кадыров // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №6. – С. 5-7.

5. Купцов Н.С. Стратегия и тактика селекции люпина / Н.С. Купцов // Изв. Акад. аграр. наук Республики Беларусь. – 1997. – №25. – С. 36-41.

6. Рот-Майер, Д. Использование люпина в кормлении скота / Д. Рот-Майер, О. Штайнхефель. – Мн.: Сейбит, 2003. – С. 17-21.

7. Такунов, И.П. Люпин в земледелии России / И.П. Такунов. – Брянск: Придесенье, 1996. – 535 с.

8. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

5. Ковальский, П.В. Микроэлементы в растениях и кормах / П.В. Ковальский. – М.: Колос, 1971. – 235 с.

9. Гецевич, М.А. Содержание и формы марганца в почвах БССР и эффективность марганцевых удобрений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / М.А. Гецевич; БГУ. – Мн., 1968. – 165 с.

10. Кормовые нормы и состав кормов: справ: пособие / А.П. Шпаков [и др.] – Минск.: Ураджай, 1991. – 384 с.

11. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №4. – С. 23-24.

12. Ягодин, Б.А. Физиологическая роль кобальта и факторы, влияющие на его поступление в растения / Б.А. Ягодин, Г.А. Ступакова // Агрехимия. – 1989. – №12. – С. 111-120.

13. Дятлова, Н.М. Комплексоны и комплексонаты металлов / Н.М. Дятлова, В.Я. Темкина, К.И. Попов. – М.: Химия, 1988. – 543 с.

14. 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.

15. 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.

EFFECT OF COBALT AND MANGANESE FERTILIZERS ON THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN GREEN MASS AND GRAIN OF BLUE LUPINE

T.G. Nikolaeva

Summary

The effect of different timing and doses of foliar fertilizing cobalt and manganese fertilizers on the content of microelements in green mass and grain of blue lupine in the cultivation on sod-podzolic light loamy soil is studied. Established that the highest content of cobalt in yield observed during foliar fertilizing cobalt chelate at a dose of 50 g/ha active substance at the end of the flowering phase – the beginning of grey beans formation. Foliar fertilizing chelate manganese at a dose of 50 g/ha active substance at the end of the flowering phase – the beginning of grey beans formation have contributed to the largest accumulation of manganese in plants of the blue lupine.

Поступила 4 апреля 2011 г.

УДК 631.81.095.337:633.32

ВЛИЯНИЕ КОБАЛЬТОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

М.В. Рак, Т.Г. Николаева, С.А. Титова, Е.Н. Барашкова
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Многолетние бобовые травы имеют важное значение в решении проблемы обеспечения животных качественными кормами. Одним из значимых приемов в технологии возделывания бобовых трав является применение микроудобрений. Применение микроудобрений в соответствии с биологическими потребностями растений и учетом агрохимических свойств почв способствует повышению урожайности и улучшению качества растениеводческой продукции.

Кобальт является одним из важнейших биогенных элементов. Он участвует в азотном, углеводном и минеральном обмене, способствует накоплению сахаров и жиров в растениях. Значительное количество кобальта содержится в бобовых культурах, где он сосредоточен в клубеньках. Этот микроэлемент необходим для

усиления азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий, так как входит в состав витамина B_{12} , который синтезируется в клубеньках [1].

Содержание кобальта в почвах обуславливает количество этого элемента в растениях и уровни поступления его в организм сельскохозяйственных животных. Дерново-подзолистые почвы Беларуси характеризуются низким содержанием подвижного кобальта [2-3]. Обобщенные данные по питательности кормов республики показывают, что содержание кобальта в них ниже оптимальных концентраций, которые составляют 0,3-0,9 мг/кг сухой массы [4-6]. В связи с этим актуальной является разработка приемов внесения кобальтовых удобрений при возделывании клевера лугового, обеспечивающих повышение урожайности и качества продукции.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению приемов внесения микроудобрений, обеспечивающих улучшение микроэлементного состава травяных кормов, проводились в 2009-2010 гг. на опытном участке, расположенном на территории РУП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района Минской области. Почва участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,8 м моренным суглинком сменяемым с 1,6 м песком. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: рН в КСl – 6,0-6,5, содержание гумуса – 2,4-2,7%, P_2O_5 и K_2O в 0,2 н НСl – 200-230 и 205-240 мг/кг, подвижного кобальта – 0,5 мг/кг почвы.

Полевой опыт заложен в четырехкратной повторности. Размер опытной делянки 30 м². В опыте возделывали клевер луговой Витебчанин. Предшественник – ячмень. Агротехника возделывания клевера общепринятая для республики.

Исследования, с внесением кобальтовых удобрений в некорневые подкормки клевера лугового, проводили на двух уровнях минерального питания: $P_{45}K_{120}$ – фон 1 и $P_{60}K_{180}$ – фон 2. Фосфорные и калийные удобрения вносили весной. Некорневая подкормка посевов клевера лугового кобальтовыми удобрениями в возрастающих дозах – 25, 50 и 75 г/га д.в. проводилась в фазу бутонизации. В опыте применялись следующие виды микроудобрений: сульфат кобальта и хелат кобальта. Уход за посевами включал обработку гербицидом базагран (3 л/га) в период весеннего отрастания клевера.

Учет урожайности зеленой массы клевера проводился в период цветения в первом и втором укосах поделяночно.

В растительных образцах определяли содержание азота (по Кьельдалю), сырого протеина – расчетным методом, содержание кобальта – на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В полевом опыте с клевером луговым Витебчанин на двух уровнях минерального питания ($P_{45}K_{120}$ и $P_{60}K_{180}$) установлено, что повышение уровня минерального питания с 165 РК кг/га до 240 кг/га РК в 2009 году снижало урожайность сухой массы на 3,1 ц/га. При этом в среднем за два укоса, урожайность сухой массы клевера на двух фонах минерального питания была практически одинаковой

(табл. 1). В 2010 году урожайность клевера на уровне минерального питания 240 кг/га РК была также ниже, чем на уровне минерального питания 165 РК кг/га (на 5,9 ц/га).

Таблица 1

Влияние некорневых подкормок кобальтом на урожайность клевера лугового на разных уровнях минерального питания, ц/га сухой массы

Вариант	2009 г.		2010 г.		Среднее	
	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка	Урожайность	Прибавка
1. P ₄₅ K ₁₂₀ – фон 1	56,0	–	117,6	–	86,8	–
2. Фон 1+Co ₂₅	60,6	4,6	121,3	3,8	91,0	4,2
3. Фон 1+Co ₅₀	62,3	6,2	124,7	7,2	93,5	6,7
4. Фон 1+Co ₇₅	58,0	2,0	123,5	6,0	90,8	4,0
5. Фон 1+Co ₂₅ хелат	62,3	6,2	126,5	8,9	94,4	7,6
6. Фон 1+Co ₅₀ хелат	60,3	4,3	125,8	8,2	93,1	6,3
7. Фон 1+Co ₇₅ хелат	58,2	2,2	124,3	6,7	91,3	4,5
8. P ₆₀ K ₁₈₀ – фон 2	52,9	–	111,7	–	82,3	–
9. Фон 2+ o ₂₅	55,6	2,7	114,9	3,2	85,3	3,0
10. Фон 2+Co ₅₀	58,5	5,4	117,1	5,4	87,8	5,5
11. Фон 2+Co ₇₅	56,9	4,0	116,1	4,4	86,5	4,2
12. Фон 2+Co ₂₅ хелат	58,5	5,6	117,4	5,7	87,9	5,6
13. Фон 2+Co ₅₀ хелат	56,8	3,9	118,8	7,0	87,8	5,5
14. Фон 2+Co ₇₅ хелат	55,6	2,7	115,7	4,0	85,7	3,4
НСР ₀₅	4,1		3,6		3,0	

Уровень прибавок урожайности сухой массы клевера при применении кобальтовых удобрений зависел от видов микроудобрений и доз внесения. В среднем за два года исследований отмечено существенное повышение урожайности во всех вариантах опыта. Наиболее высокие прибавки урожайности сухого вещества отмечены при внесении хелата кобальта в дозе 25 г/га д.в. – 7,6 ц/га на уровне минерального питания 165 РК кг/га и 5,6 ц/га на уровне 240 кг/га РК.

Содержание сырого протеина в сухой массе клевера в 2009 году в среднем за два укоса составило 17,1-22,4%. Отмечено, что при повышении уровня минерального питания с 165 кг/га РК до 240 кг/га РК содержание сырого протеина несколько снижалось (табл. 2). В 2010 году содержание протеина в сухой массе клевера по вариантам опыта составило 16,0-21,5%. При этом на уровне минерального питания 240 кг/га РК содержание протеина было значительно ниже, чем на фоне 165 кг/га РК. В среднем за два года исследований установлено, что внесение кобальтовых микроудобрений способствует повышению содержания сырого протеина в урожае. Следует отметить, что в 2009 году содержание сырого протеина было выше в вариантах, где вносили хелат кобальта. При этом не наблюдалось значительного изменения данного показателя в зависимости от доз кобальта. В 2010 году исследований содержание сырого протеина в сухой массе не изменялось значительно в зависимости от видов и доз кобальтовых удобрений.

ПЛОДОРДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

В среднем за два года исследований, сбор сырого протеина по вариантам опыта составил 14,6-19,5 ц/га, сбор кормовых единиц – 42,0-48,1 ц/га. При этом, питательность кормов на фоне минерального питания 165 кг/га РК была выше, чем на фоне 240 кг/га РК как в 2009, так и в 2010 году.

Содержание кобальта в клевере луговом колебалось в широких пределах (табл. 3). В среднем за два года исследований в фоновых вариантах опыта содержание элемента было ниже оптимальных концентраций для травяных кормов и составило 0,02-0,14 мг/кг. Некорневые подкормки клевера кобальтовыми удобрениями способствовали повышению содержания кобальта в сухой массе. При этом его содержание определялось как видами, так и дозами кобальтовых удобрений.

Анализ накопления кобальта в клевере луговом по уровням минерального питания показал, что внесение различных доз фосфора и калия не оказало существенного влияния на накопление элемента. Содержание кобальта в сухой массе клевера было выше в первом укосе как в 2009, так и в 2010 году. При некорневой подкормке сульфатом кобальта на фоне 165 РК кг/га содержание элемента повысилось до 0,24-0,44 мг/кг сухой массы в 2009 году и до 0,15-0,44 мг/кг сухой массы в 2010 году, а при внесении хелата кобальта содержание элемента в клевере составило 0,38-1,10 и 0,35-1,09 мг/кг сухой массы соответственно и достигло оптимального уровня содержания кобальта для травяных кормов. На уровне минерального питания 240 кг/га РК применение хелата кобальта также позволило повысить содержание элемента в клевере луговом до оптимального уровня для кормов.

Таблица 2

Влияние кобальтовых удобрений на качественные показатели зеленой массы клевера

Вариант	Содержание сырого протеина, %			Сбор сырого протеина, ц/га			Сбор кормовых единиц, ц/га		
	2009 г.	2010 г.	среднее	2009 г.	2010 г.	среднее	2009 г.	2010 г.	среднее
1. P ₄₅ K ₁₂₀ – фон 1	18,7	20,8	19,8	9,7	24,4	17,1	28,6	60,0	44,3
2. Фон 1+Co ₂₅	19,0	21,5	20,3	10,7	26,1	18,4	30,9	61,9	46,4
3. Фон 1+Co ₅₀	19,5	21,5	20,5	11,4	26,8	19,1	31,8	63,6	47,7
4. Фон 1+Co ₇₅	20,6	21,3	21,0	11,5	26,3	18,9	29,6	63,0	46,3
5. Фон 1+Co ₂₅ хелат	21,1	21,1	21,1	12,3	26,4	19,3	31,8	64,5	48,1
6. Фон 1+Co ₅₀ хелат	21,4	21,0	21,2	12,2	26,8	19,5	30,8	64,2	47,5
7. Фон 1+Co ₇₅ хелат	22,4	20,9	21,7	12,7	26,2	19,5	29,7	63,4	46,6
8. P ₆₀ K ₁₈₀ – фон 2	17,9	16,0	17,0	8,9	17,9	13,4	27,0	57,0	42,0
9. Фон 2+Co ₂₅	20,9	16,3	18,6	11,1	18,8	15,0	28,4	58,6	43,5
10. Фон 2+Co ₅₀	19,6	16,3	18,0	11,0	19,1	15,1	29,8	59,7	44,8
11. Фон 2+Co ₇₅	19,7	16,7	18,2	10,8	19,4	15,1	29,0	59,2	44,1
12. Фон 2+Co ₂₅ хелат	17,1	16,5	16,8	9,8	19,4	14,6	29,8	59,9	44,8
13. Фон 2+Co ₅₀ хелат	20,5	16,3	18,4	11,3	19,4	15,3	29,0	60,6	44,8
14. Фон 2+Co ₇₅ хелат	22,2	16,4	19,3	12,1	19,0	15,5	28,4	59,0	43,7

**Влияние кобальтовых удобрений на содержание кобальта
в клевере луговом, мг/кг сухой массы**

Вариант	2009 г.		2010 г.	
	I укос	II укос	I укос	II укос
1. P ₄₅ K ₁₂₀ – фон 1	0,14	0,10	0,02	0,02
2. Фон 1 + Co ₂₅	0,40	0,28	0,21	0,15
3. Фон 1 + Co ₅₀	0,42	0,26	0,44	0,38
4. Фон 1 + Co ₇₅	0,44	0,24	0,40	0,34
5. Фон 1 + Co ₂₅ хелат	0,44	0,38	0,39	0,35
6. Фон 1 + Co ₅₀ хелат	0,62	0,38	0,52	0,40
7. Фон 1 + Co ₇₅ хелат	1,10	0,80	1,09	0,99
8. P ₆₀ K ₁₈₀ – фон 2	0,17	0,11	0,03	0,04
9. Фон 2 + Co ₂₅	0,32	0,22	0,49	0,37
10. Фон 2 + Co ₅₀	0,34	0,18	0,60	0,48
11. Фон 2 + Co ₇₅	0,61	0,47	0,52	0,42
12. Фон 2 + Co ₂₅ хелат	0,65	0,53	0,54	0,46
13. Фон 2 + Co ₅₀ хелат	1,21	1,07	0,80	0,66
14. Фон 2 + Co ₇₅ хелат	1,32	1,22	0,68	0,64
НСР ₀₅	0,10			

Исследования показали, что для достижения оптимальной концентрации кобальта, установленной для травяных кормов, достаточно внесения 50 г/га д.в. сернокислого кобальта как на уровне минерального питания 165 РК кг/га, так и на фоне 240 кг/га РК. Дальнейшее повышение дозы кобальта до 75 г/га не приводило к значительному увеличению содержания элемента в клевере. При внесении в некорневые подкормки клевера хелата кобальта оптимальное содержание элемента в урожае на двух уровнях минерального питания достигается уже при дозе 25 г/га д.в. При повышении дозы хелата кобальта до 50 и 75 г/га д.в. отмечается дальнейшее повышение концентрации элемента в зеленой массе клевера. Однако при применении хелата кобальта в дозе 75 г/га д. в. содержание элемента превышает верхнюю пороговую концентрацию кобальта, установленную для кормов сельскохозяйственных животных.

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства значительно возросла актуальность ресурсосбережения и экономии материально-технических затрат. В связи с этим научно-обоснованная система применения микроудобрений должна обеспечивать не только повышение урожайности и качества продукции, но и быть экономически обоснованной (табл. 4).

При расчете экономической эффективности некорневых подкормок клевера лугового кобальтовыми микроудобрениями установлено, что наиболее экономически оправданными являются некорневые подкормки хелатом кобальта в дозе 25 г/га д.в. на фоне 165 РК кг/га (рентабельность – 67%). При применении на этом уровне минерального питания культуры сернокислого кобальта наибольшая рентабельность некорневых подкормок отмечена в варианте с внесением 50 г/га д.в. кобальта (39%). Некорневые подкормки кобальтом в дозе 75 г/га д.в. как в хелатной форме, так и в форме неорганической соли экономически неце-

лесообразны, так как затраты на приобретение и внесение микроудобрений не окупаются прибавками урожая.

Таблица 4

Экономическая эффективность некорневых подкормок клевера лугового микроудобрениями (среднее 2009-2010 гг.)

Вариант	Прибавка урожайности, ц/га	Стоимость прибавки, тыс. руб.	Всего затрат, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %
Фон 1 + Co ₂₅	4,2	75,8	56,3	19,5	35
Фон 1 + Co ₅₀	6,7	121,0	87,1	33,9	39
Фон 1 + Co ₇₅	4,0	72,2	97,5	-25,3	-26
Фон 1 + Co ₂₅ хелат	7,6	137,2	82,0	55,2	67
Фон 1 + Co ₅₀ хелат	6,3	113,7	110,3	3,4	3
Фон 1 + Co ₇₅ хелат	4,5	81,2	136,7	-55,4	-41
Фон 2 + Co ₂₅	3,0	54,2	51,6	2,6	5
Фон 2 + Co ₅₀	5,5	99,3	82,4	16,9	21
Фон 2 + Co ₇₅	4,2	75,8	98,3	-22,5	-23
Фон 2 + Co ₂₅ хелат	5,6	101,1	74,2	26,9	36
Фон 2 + Co ₅₀ хелат	5,5	99,3	107,2	-7,9	-7
Фон 2 + Co ₇₅ хелат	3,4	61,4	132,4	-71,0	-54

Рентабельность некорневых подкормок клевера лугового кобальтовыми удобрениями на уровне минерального питания 240 кг/га РК была ниже, чем на фоне 165 РК кг/га. Это связано с более низкими прибавками урожайности клевера. При этом самая высокая рентабельность применения кобальта отмечена в варианте с внесением хелата кобальта в дозе 25 г/га д.в. (36%).

ВЫВОДЫ

1. При возделывании клевера лугового на дерново-подзолистой супесчаной почве на двух уровнях минерального питания ($P_{60}K_{180}$ и $P_{45}K_{120}$) некорневые подкормки в фазу бутонизации хелатом кобальта в дозе 25 г/га д.в. повышали урожайность на 5,6 7,6 ц/га сухой массы при рентабельности 36-67%.

2. Внесение кобальтовых удобрений в некорневую подкормку клевера лугового способствует повышению питательной ценности продукции. Максимальный сбор сырого протеина (19,9 и 16,2 ц/га) и кормовых единиц (48,1 и 44,8 ц/га) получен при внесении хелата кобальта в дозе 25 г/га на фоне 165 РК кг/га и в дозе 50 г/га д.в. на фоне 240 кг/га РК.

3. Некорневая подкормка кобальтовыми удобрениями способствует повышению содержания кобальта в сухой массе клевера и позволяет оптимизировать его концентрацию в кормах. При внесении сульфата кобальта оптимум достигается при внесении 50 г/га д.в., а при некорневых подкормках хелатом кобальта – 25 г/га д.в.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ягодин, Б.А. Кобальт в жизни растений / Б.А. Ягодин. – М.: Наука, 1970. – 343 с.
2. Рак М.В. Микроэлементы в почвах Беларуси и применение микроудобрений в современных агротехнологиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26-30 июля 2010 г. – Минск, 2010. – С. 14-17.
3. Кобальт и йод в почвах Беларуси / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Теоретические и прикладные вопросы изучения и использования почвенно-земельных ресурсов: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию кафедры почвоведения БГУ, Минск, 16-20 сент. 2003 г. / БГУ ; редкол.: В.С. Аношко (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2003. – С. 218-220.
4. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №4. – С. 23-24.
5. Мальчевская, Е. Н. Оценка качества и зоотехнический анализ кормов / Е.Н. Мальчевская, Г.С. Миленькая. – Минск: Ураджай, 1981. – 143 с.
6. Ковальский, В.В. Микроэлементы в растениях и кормах / В.В. Ковальский, Ю.Е. Раецкая, Т.И. Грачева. – М.: Колос, 1971. – 235 с.

EFFECT OF COBALT FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF MADOW CLOVER

M.V. Rak, T.G. Nikolaeva, S.A. Titova, E.N. Barashkova

Summary

The efficiency of using different types of cobalt fertilizers while growing madow clover at various levels of mineral nutrition is studied in the article It was found that the outside root top-dressing by cobalt fertilizers is more effective at the level of mineral nutrition of the RK 165 kg/ha. The maximum yield increase of dry weight with the optimum a concentration of cobalt was obtained in variants, where the cobalt chelate was added at a dose of 25 g/ha active substance. Moreover, this technique is the most economically feasible.

Поступила 4 апреля 2011 г.

УДК 631.8.022.3:633.521:631.445.2

СОДЕРЖАНИЕ БОРА В РАСТЕНИЯХ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ БОРОМ И ДОЗ БОРНЫХ УДОБРЕНИЙ

Барашкова Е.Н.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Содержание элементов питания является важным показателем оценки качества культуры и эффективности применяемых удобрений. Лишь при оптимальном

содержании того или иного элемента в определенную фазу развития растение может наиболее полно реализовать свои возможности в формировании урожая.

Лен масличный отличается специфичностью питания, потребляя на формирование урожая больше питательных веществ, чем многие другие культуры, неравномерно поглощая элементы питания в течение вегетации. Самый ответственный период в формировании урожая – начальный – от всходов до «ёлочки» и быстрого роста. Обеспеченность питанием впервые две ранние фазы обуславливает рост растения, нормальное образование семян и хороший урожай качественного волокна. В то же время поступление каждого элемента питания в онтогенезе льна значительно изменяется в зависимости от погодных условий, содержания подвижных форм микроэлементов в почве, сортовых особенностей культуры [1].

Бор является наиболее эффективным микроэлементом для льна. Необходимость этого микроэлемента для льна обусловлена тем, что он активно участвует в физиологических и биохимических процессах. Бор принимает участие в обмене углеводов, синтезе нуклеиновых кислот и белков; процессе роста растения и развитии генеративных органов. Избыток кальция и высокие значения pH почвенного раствора вызывают у растений льна борное голодание. Как результат – пожелтение и отмирание точки роста, приостановление роста и ветвление стебля, что называется кальциевым хлорозом (бактериозом) льна. Внесение бора устраняет развитие грибных и бактериальных болезней, например бактериоз льна, увеличивает урожайность семян [2,3].

По данным М.В. Каталымова [4] содержание бора в соломе составляет 8,2-30,0 и семенах – 5,1-31,0 мг/кг абсолютно сухого вещества. По данным Битюцкого [5], симптомы дефицита бора начинают проявляться при содержании этого микроэлемента 5-10 мг/кг сухой массы. По данным В.В. Церлинг [1], оптимальное содержание бора в растениях льна в фазу цветения составляет 33-45 мг/кг сухого вещества. Содержание бора в различных частях одного и того же растения неодинаково. Изменяются потребности растения в боре также и в течение вегетационного периода.

Исходя из того, что содержание бора в растениях льна в течение вегетации оказывает положительное влияние на урожайность и качество семян, важно изучить закономерности поведения микроэлемента в почве, параметры его поступления в растения в зависимости от факторов внешней среды и концентрации его в почве. При этом важно оценить роль как почвенных запасов бора, так и применение различных форм и доз борных удобрений в некорневые подкормки растений льна.

Целью исследований являлось установить параметры потребления бора растениями льна масличного в зависимости от уровня содержания его в дерново-подзолистой супесчаной почве и некорневой подкормки борными удобрениями.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в полевом опыте в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,8 м моренным суглинком сменяемым песком.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} – 5,8-6,0, содержание гумуса – 2,40-2,76%, подвижного P_2O_5 и обменного K_2O (в 0,2 М HCl) соответственно 205 и 225 мг/кг почвы. Исходное содержание водорастворимого бора в пахотном слое – 0,3 мг/кг, подвижного цинка – 2,5 мг/кг почвы.

В опыте возделывался лен масличный Сонечны. Предшественник – озимая пшеница.

Схема опыта включала варианты с возрастающими дозами бора, которые вносили в некорневую подкормку растений льна масличного в фазу «елочка» на 5-ти уровнях насыщения супесчаной почвы бором, созданных перед закладкой опыта: 1 – 0,28 мг/кг (низкий); 2-0,65 мг/кг (средний); 3 – 0,95 мг/кг (высокий); 4-1,25 мг/кг (избыточный); 5-1,60 мг/кг почвы (избыточный). Уровни насыщения пахотного слоя почвы бором в полевом опыте были созданы внесением борной кислоты в виде водного раствора. При этом учитывалось, что на данной почве смещение содержания водорастворимого бора в пахотном слое от 1 кг бора составляет 0,12 мг/кг. Созданные уровни корректировались под заданные параметры во все годы исследований.

Схема опыта

1. Контроль без удобрений
2. $N_{60}P_{60}K_{120}Zn_{0,2}$ – фон
3. $B_{0,05}$
4. $B_{0,10}$ борная кислота
5. $B_{0,15}$
6. $B_{0,05}$
7. $B_{0,10}$ жидкое удобрение МикроСтим-Бор
8. $B_{0,15}$

На фоне минеральных удобрений – $N_{60}P_{60}K_{120}$ кг/га и сульфата цинка в некорневую подкормку в дозе 0,2 кг/га д.в. вносился бор в дозах 0,05, 0,10 и 0,15 кг/га в некорневые подкормки растений. В качестве борного удобрения применяли борную кислоту с содержанием 17,3% бора и жидкое удобрение МикроСтим-Бор, содержащее 150 г/л бора в органо-минеральной форме и биостимулятор [6].

В процессе ухода за посевами льна проведена обработка по всходам гербицидами секатор (125 г/га) и 2М4Х (0,7 л/га), а также инсектицидом децис-экстра (60 мл/га).

Погодные условия вегетационных периодов льна масличного в годы проведения исследований различались как температурой, так и количеством выпавших осадков. Вегетационный период 2006 года по гидротермическим условиям характеризовался как избыточно увлажненный (ГТК 1,7), но с равномерным выпадением осадков. Гидротермические условия вегетационного периода 2008 года были близки к среднемноголетним показателем (ГТК 1,3) и отличались, прежде всего, неравномерностью выпадения осадков, наибольшее количество которых приходилось на апрель и недостаточное на июнь. В целом, для роста и развития льна масличного, погодные условия вегетационных периодов в годы исследований были благоприятными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследований по содержанию подвижного бора по генетическим горизонтам и уровням насыщения дерново-подзолистой супесчаной почвы свидетельствуют о накоплении основного количества бора преимущественно в верхнем перегнойно-аккумулятивном слое почвы (рис. 1). Распределение подвижного бора по генетическим горизонтам почвы с глубиной снижается, доходя до минимума в горизонте В₂D. Насыщение пахотного слоя почвы бором на 2, 3, 4 и 5 уровнях способствует повышению количества бора в нижележащих горизонтах по сравнению с его исходным содержанием. Это свидетельствует о миграции водорастворимого бора из пахотного горизонта вниз по профилю почвы. Причем, на блоках, где проведено насыщение, независимо от содержания элемента в пахотном слое его количества в нижележащих горизонтах приблизительно одинаковы.

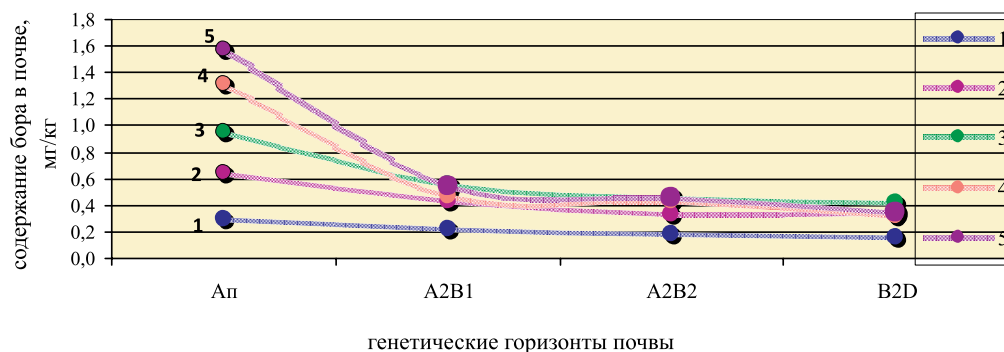


Рис. 1. Содержание бора по горизонтам профиля дерново-подзолистой почвы в зависимости от уровня обеспеченности этим элементом (среднее 2006, 2008 гг.)

В годы исследований при возделывании льна масличного не наблюдалось существенного изменения количественного содержания подвижного бора в почве в течение вегетации. Отмечается тенденция повышения количества подвижного бора в период активного роста, развития растений и снижение его к уборке.

По литературным данным поступление и передвижение бора в растениях в очень сильной степени зависит от концентрации его в почве. Внесенный в почву бор довольно быстро поступает в растение. Один и тот же вид растений может содержать различные количества бора в зависимости от содержания его в почве [2].

В наших исследованиях отмечается тесная корреляционная зависимость между накоплением бора растениями льна и содержанием подвижного бора в почве. Корреляционный анализ показал наиболее высокую сопряженность содержания бора в растениях льна с содержанием подвижного бора в почве в фазу от бутонизации до цветения (коэффициент корреляции – 0,99).

Результаты расчетов коэффициента накопления бора в семенах и соломе льна на фоновых вариантах флоксов насыщения свидетельствуют о значительном его усвоении из подвижной формы в почве (табл. 1). Следует отметить, что наиболее активно он поступает в растения при низкой концентрации в почве.

Установлена следующая зависимость накопления бора растениями льна масличного: максимальное содержание бора в начале вегетации и затем, постепен-

ное снижение его концентрации до фазы созревания. Меньше всего бора накапливается в льносеменах.

Таблица 1

**Коэффициент накопления бора в семенах
и соломке льна масличного в зависимости
от уровня содержания его в почве**

Уровень содержания бора в почве	Кн (семена)	Кн (соломка)
Низкое содержание (0,28 мг/кг)	19,0	43,0
Среднее содержание (0,65 мг/кг)	11,5	30,6
Высокое содержание (0,95 мг/кг)	9,0	21,6
Избыточное содержание (1,25 мг/кг)	9,0	22,5
Избыточное содержание (1,65 мг/кг)	10,0	19,3

По мере насыщения супесчаной почвы бором от 0,28 до 1,6 мг/кг, отмечается повышение концентрации бора в растениях льна в фазу «ёлочки» на фоновых вариантах уровней с 29,3 до 67,5 мг/кг сухой массы или на 2,9 мг/кг бора в растении от 0,1 мг/кг бора в почве. Накопление бора в соломке составляло от 12,8 до 30,5 мг/кг или 1,3 мг/кг от 0,1 мг/кг в почве, в семенах от 5,7 до 15,9 или 0,77 мг/кг от 0,1 мг/кг в почве.

Некорневая подкормка растений в фазу «ёлочки» различными формами и дозами борных удобрений также способствовала обогащению льнопродукции данным элементом, повышая его содержание в растениях льна по сравнению с фоновыми вариантами уровней насыщения (табл. 2).

Процентное накопление бора в биомассе льна под влиянием некорневой подкормки борными удобрениями снижалось по мере повышения концентрации элемента в почве.

В фазу бутонизации, на почвах с низким содержанием бора, концентрация элемента в биомассе льна по вариантам опыта составляла 27,5-33,5 мг/кг сухой массы, что на 1,1-23,2% выше фонового варианта (27,2 мг/кг). На почвах со средним содержанием бора накопление элемента в растениях было в пределах 36,7-42,0 мг/кг, при содержании в фоновом варианте 34,5 мг/кг. Применение борных удобрений способствовало повышению накопления элемента в биомассе льна на 6,4-21,7% по сравнению с фоновым вариантом данного уровня. Внесение борных удобрений в некорневую подкормку льна при уровне содержания данного элемента в почве 0,95 мг/кг, способствовало повышению концентрации бора в растениях от 43,0 до 46,8 мг/кг или на 4,8-11,9% выше фонового варианта данного уровня (41,8 мг/кг). На уровне с избыточным содержанием бора в почве (1,25 мг/кг) содержание элемента в растениях на фоновом варианте составляло 54 мг/кг. Некорневая подкормка способствовала повышению бора в растениях до 59,5 мг/кг, или на 10,2%. Применение борных удобрений в некорневую подкормку при концентрации элемента в почве на уровне 1,6 мг/кг, увеличивало содержание бора в растениях с 63,0-71,0 мг/кг сухой массы, или на 2,4-15,4%.

В фазу цветения оптимальным содержанием бора в растениях льна по В.В. Церлинг [1] считается 33-45 мг/кг сухой массы.

Таблица 2

Содержание бора в растениях льна масличного в зависимости от уровня обеспеченности почвы этим элементом, доз и форм борного удобрения (среднее за 2006, 2008 гг.)

Уровни содержания бора в почве, мг/кг	Вариант	Фаза роста					
		ёлочка	бутонизация	цветение	семена	соломка	
	1. Контроль	27,0	29,4	15,0	3,3	12,5	
Низкое содержание (0,28 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	29,3	27,2	17,6	5,7	12,8	
	3. Фон + B _{0,05}	Борная кислота	-	33,5	19,4	6,0	14,2
	4. Фон + B _{0,10}		-	32,1	19,3	7,4	13,9
	5. Фон + B _{0,15}		-	27,5	16,0	7,6	14,1
	6. Фон + B _{0,05}	Микро Стим-Бор	-	32,2	19,8	7,7	13,7
	7. Фон + B _{0,10}		-	31,5	19,4	5,2	14,3
	8. Фон + B _{0,15}		-	29,5	17,0	7,8	15,5
	Среднее содержание (0,65 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	36,0	34,5	25,3	7,5	19,9
3. Фон + B _{0,05}		Борная кислота	-	36,7	27,0	9,4	20,0
4. Фон + B _{0,10}			-	37,5	29,7	10,9	22,6
5. Фон + B _{0,15}			-	42,0	29,5	11,3	21,7
6. Фон + B _{0,05}		Микро Стим-Бор	-	40,3	31,1	9,0	23,2
7. Фон + B _{0,10}			-	39,7	28,7	10,4	21,6
8. Фон + B _{0,15}			-	37,0	27,5	10,4	22,5
Высокое содержание (0,95 мг/кг)		2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	44,0	41,8	35,9	8,6	20,7
	3. Фон + B _{0,05}	Борная кислота	-	43,0	37,3	11,2	26,2
	4. Фон + B _{0,10}		-	46,8	34,4	11,9	24,1
	5. Фон + B _{0,15}		-	45,0	38,1	12,5	23,0
	6. Фон + B _{0,05}	Микро Стим-Бор	-	45,0	37,4	11,4	24,9
	7. Фон + B _{0,10}		-	44,5	36,2	11,8	26,2
	8. Фон + B _{0,15}		-	46,4	36,0	12,1	26,0
	Избыточное содержание (1,25 мг/кг)	2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	61,0	54,0	42,0	11,8	29,5
3. Фон + B _{0,05}		Борная кислота	-	56,0	50,5	12,5	30,5
4. Фон + B _{0,10}			-	58,5	48,3	14,3	31,2
5. Фон + B _{0,15}			-	59,5	49,0	14,6	34,0
6. Фон + B _{0,05}		Микро Стим-Бор	-	53,8	45,5	13,9	30,4
7. Фон + B _{0,10}			-	57,6	45,6	14,0	30,6
8. Фон + B _{0,15}			-	56,2	42,9	17,1	31,5
Избыточное содержание (1,60 мг/кг)		2. N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀ Zn _{0,2} – фон	67,5	61,5	47,5	15,9	30,5
	3. Фон + B _{0,05}	Борная кислота	-	63,0	48,5	20,8	33,7
	4. Фон + B _{0,10}		-	67,0	49,9	20,5	35,3
	5. Фон + B _{0,15}		-	65,8	50,5	18,9	36,2
	6. Фон + B _{0,05}	Микро Стим-Бор	-	71,0	54,7	20,9	35,4
	7. Фон + B _{0,10}		-	66,7	52,2	20,4	35,7
	8. Фон + B _{0,15}		-	63,7	49,5	19,9	33,4
	Оптимум (по В.В. Церлинг)				33-45		

К фазе цветения, на почве с низкой обеспеченностью бором, содержание элемента в биомассе льна по вариантам опыта было в пределах 16,0-19,8 мг/кг (рис. 2, рис. 3). При среднем уровне содержания бора в почве применение борных удобрений приближало накопление элемента в растениях льна к нижней границе оптимальных значений и составило 27,0-31,1 мг/кг. Оптимальное содержание бора в растениях обеспечило в первую очередь повышение содержания его в почве до 0,95 мг/кг (3 уровень), что составило 35,9 мг/кг, применение борных удобрений повышало накопление бора до 38,1 мг/кг. На избыточных уровнях применение некорневой подкормки обеспечило накопление бора от 42,9 до 50,5 мг/га.

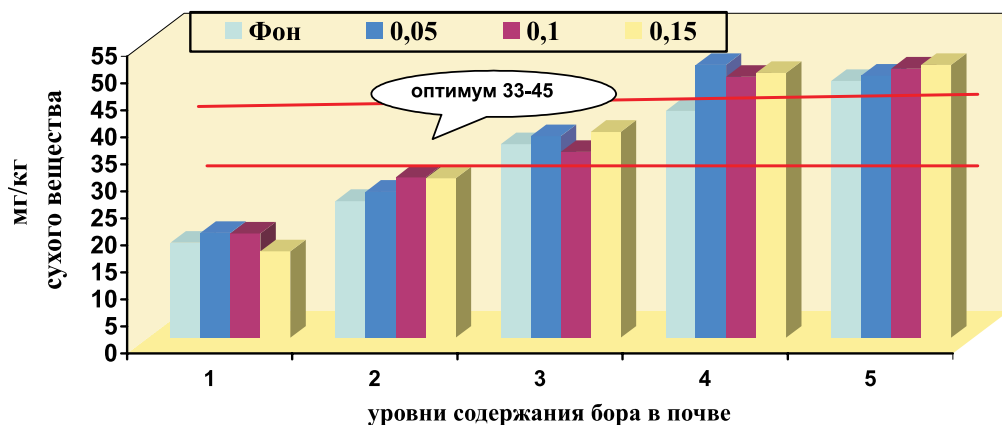


Рис. 2. Влияние некорневой подкормки борной кислотой на накопление бора в биомассе льна в фазу цветения на различных уровнях насыщения

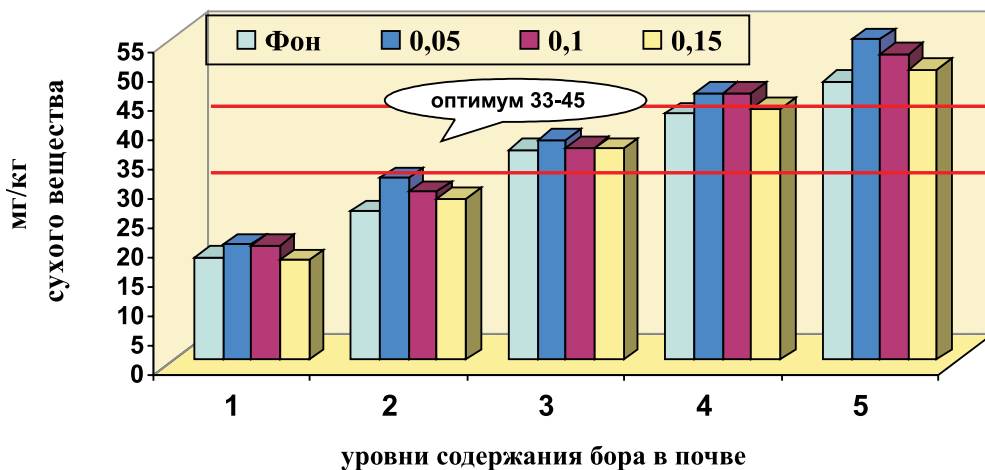


Рис. 3. Влияние некорневой подкормки удобрением МикроСтим-Бор на накопление бора в биомассе льна в фазу цветения на различных уровнях насыщения

В среднем по дозам и видам внесения борного удобрения содержание бора в растениях льна изменялось незначительно. Виды и дозы борного удобрения в меньшей мере влияли на накопление бора в растениях льна. Можно отметить

некоторое преимущество в накоплении бора только от удобрения МикроСтим-Бор в низкой дозе (рис. 2, рис. 3).

В соломке льна содержание бора от некорневой подкормки борными удобрениями повышалось по вариантам от 13,7 до 36,2 мг/кг по мере насыщения почвы данным элементом, в семенах от 6,0 до 20,9 мг/кг.

ВЫВОДЫ

1. Накопление бора в семенах и соломке льна свидетельствует о значительном его усвоении из почвы в наибольших значениях при низком (0,28 мг/кг) и среднем (0,65 мг/кг) уровнях обеспеченности супесчаной почвы этим элементом.

2. Некорневые подкормки растений льна масличного в фазу «ёлочки» борными удобрениями способствуют накоплению бора в льнопродукции. Накопление бора в биомассе льна под влиянием некорневой подкормки борными удобрениями снижалось по мере повышения его концентрации в почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник. – М., 1990. – 235 с.

2. Анспок, П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

3. Кибаленко, А.П. Бор в жизни и продуктивности растений / А.П. Кибаленко. – К.: Навук. думка, 1973. – 222 с.

4. Катыльмов, М.В. Микроэлементы и их роль в повышении урожайности / М.В. Катыльмов. – 2-е изд. – Москва: Госхимиздат, 1960. – 75 с.

5. Битюцкий, Н.П. Микроэлементы и растения / Н.П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во С.-П. ун-та, 1999. – 232 с.

6. Жидкое концентрированное борное удобрение для некорневой подкормки растений: пат. 11666 Респ. Беларусь МПК6 С 05G 3/00 / М.В. Рак, Г.М. Сафроновская, С.А. Титова, Е.Н. Барашкова, В.А. Муковозчик; заявитель РУП «Ин-т почвения и агрохимии». – № а 20070666; заявл. 01.06.07; опубл. 28.02.09 // Афiцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №1.

BORON CONTENT IN PLANTS OIL FLAXIN RELATION TO B-STATUS OF PODZOLUVISOL LOAMY SAND SOIL

E.N. Barashkova

Summary

Results of research on study of influence of various levels contents of water soluble boron in sod-podzol loamy sand soil, doses and forms on boron accumulation in the seeds and flax straw are presented in article. The research results indicate a significant assimilation of boron from soil to the highest values at low (0.28 mg/kg) and average (0.65 mg/kg) levels of security sandy loam soil with this element. Accumulation of boron in the biomass of flax under the influence of foliar feeding of boron fertilizers decreased with increasing concentrations of soluble boron in the soil.

Поступила 14 мая 2011 г.

ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА УРОЖАЙНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ ЕГО В СЕНЕ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ С РАЗНЫМИ УРОВНЯМИ КИСЛОТНОСТИ

С.Е. Головатый, З.С. Ковалевич, Н.К. Лукашенко, И.А. Ефимова,
Н.В. Сидорейко

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственные земли всех почвенно-географических провинций Беларуси по содержанию селена в почве и растениеводческой продукции характеризуются как селендефицитные территории. В разрезе дерново-подзолистых почв наименьшим содержанием селена отличаются песчаные почвы – 30,5 мкг/кг, средневзвешенное содержание валового селена в супесчаных почвах составляет 49,5 мкг/кг, в суглинистых – 71,9 мкг/кг. Содержание селена в сене естественных луговых трав колеблется в пределах 0,04-0,09 мг/кг. В сене многолетних злаковых и бобовых трав, возделываемых на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах, содержание селена составляет 5,1-17,7 мкг/кг [1, 2].

В животноводстве Беларуси дефицит селена в кормовых рационах сельскохозяйственных животных составляет от 10 до 67% [3, 4]. Низкое содержание селена выявлено в основных продуктах питания белорусов. Среднее потребление селена жителем республики с основными продуктами питания составляет 9,9-14 мкг/сутки, что в 4-5 раз ниже рекомендованного минимального суточного потребления этого микроэлемента [5].

В селендефицитных зонах актуальность исследований по обогащению селеном продукции в трофической цепочке почва → растение → животное → человек постоянно возрастает. На каждом этапе общей системы обогащения продукции селеном разрабатываются научные направления, по которым успешно ведутся исследования, и результаты которых внедряются в производство.

В комплексе мероприятий по повышению содержания селена в растениеводческой продукции в звене трофической цепочки почва → растение важное значение приобретает агрохимический прием обогащения – применение селенсодержащих удобрений в период вегетации растений, при котором минеральный селен биологически трансформируется в более усвояемый животными организмами селеноорганический (селенметионин, селенцистеин и др.).

Основными химическими соединениями селена, применяемыми в сельском хозяйстве в качестве селеновых удобрений, являются хорошо растворимые в воде соли селеновых кислот – селенит натрия (Na_2SeO_3) и селенат натрия (Na_2SeO_4). Научные исследования, проведенные в селендефицитных регионах, показали, что внесение селенсодержащих удобрений разными способами (предпосевная обработка семян, внесение в почву, некорневые подкормки растений) способствуют обогащению растениеводческой продукции селеном [6, 7, 8].

За рубежом в практику земледелия широко внедрен эффективный и наиболее экологически безопасный метод обогащения растениеводческой продукции селеном – введение его в состав промышленных комплексных удобрений для основного внесения в почву, обеспечивающих сбалансированное питание растений в течение всего периода вегетации. При внесении селенорганических удобрений в почву на пути поступления высокотоксичного элемента селена в животный организм находятся естественные биологические барьеры (почва, корневая система, функциональные защитные системы в наземных тканях и органах растений), и практически исключается опасность передозировки селенсодержащих веществ и отравления ими животных [9].

Эффективность минеральных удобрений при внесении их в почву во многом определяется генетическими и агрохимическими свойствами почвы, поэтому очень важно дифференцировать оптимальные дозы элементов под сельскохозяйственные культуры с учетом почвенных факторов.

В исследованиях, ранее проведенных нами с многолетними злаковыми травами на дерново-подзолистой суглинистой почве, установлено, что селенсодержащее удобрение (селенит натрия) в большей степени оказало влияние на накопление селена в сене трав, чем на величину их урожайности [8].

Основную долю в кормовых рационах КРС составляют травяные корма. Обогащение травяной продукции селеном может существенно снизить его дефицит в рационах и повысить селеновый статус животных.

Актуальность проведения настоящих исследований обусловлена необходимостью оценки эффективности действия селенсодержащего удобрения при внесении его в почву на урожайность и накопление селена в продукции многолетних злаковых трав, возделываемых на дерново-подзолистой супесчаной почве с низким содержанием этого элемента.

Цель исследований заключалась в установлении эффективности действия возрастающих доз внесения в почву селена на урожайность и обогащение им сена многолетних злаковых трав, возделываемых на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с разными уровнями кислотности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования были проведены в 2007-2010 гг. в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковых рыхлых супесях, подстилаемых с глубины 1,15 м моренным суглинком, сменяемым песком. Пахотный горизонт почвы характеризовался следующими агрохимическими показателями плодородия: гумус – 2,05-2,15%; P_2O_5 – 120-150 мг/кг, K_2O – 180-200 мг/кг, содержание валового селена – 30-40 мкг/кг. Опыт заложен на участках с разной степенью кислотности почвы (рН 5,3 – фон 1 и рН 6,3 – фон 2).

Исследования проведены на многолетних злаковых травах разных сроков уборки: ежа сборная Магутная (раннеспелый злак) и тимофеевка луговая Волна (позднеспелый злак), которые были высеяны в чистом виде.

В опыте были использованы карбамид, суперфосфат аммонизированный и хлористый калий. Селен в форме селенита натрия вносили в почву перед за-

лужением в возрастающих дозах: 100, 200 и 300 г Se/га. Повторность в опытах четырехкратная.

В период 2008-2010 гг. в опыте было проведено 5 укосов трав.

Пробоподготовку растительных и почвенных образцов для определения в них селена проводили в автоклаве аналитическом НПВФ «Анкон-АТ-2». Содержание селена определяли на атомно-абсорбционном спектрометре «Perkin Elmer AAnalyst 100» с приставкой холодного пара «Perkin Elmer HGA-800» и дейтериевым корректором неселективного поглощения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение кислотности рыхлосупесчаной почвы с pH 5,3 до pH 6,3 в большей степени сказалось на изменении урожайности тимофеевки луговой, чем ежи сборной. Снижение урожайности в разной степени отмечалось на протяжении всех лет пользования тимофеевки (табл. 1). В первый год пользования урожайность трав по сумме укосов находилась на уровне 90,0-99,9 ц/га. На фоне кислотности почвы pH 6,3, по сравнению с фоном pH 5,3, существенное снижение урожайности сена тимофеевки (на 5,1 и 4,4 ц/га) установлено при дозах 100 и 300 г Se/га. Снижение урожайности ежи сборной 2,8-4,3 ц/га отмечено на контрольном варианте (на 4,3 ц/га) и при дозах 100 и 200 г Se/га (на 2,8-3,3 ц/га).

Во второй год пользования продуктивность трав по сумме укосов была более высокой – в пределах 102,9-110,8 ц/га. Установлена тенденция к снижению урожайности сена тимофеевки при снижении кислотности почвы с pH 5,3 до pH 6,3.

В третий год пользования трав был проведен 1 укос. При изменении кислотности почвы с pH 5,3 до pH 6,3 урожайность тимофеевки на контрольном варианте снизилась на 6,3 ц/га (11,9%), снижения урожайности ежи не отмечено.

Общая продуктивность за 3 года пользования трав (по сумме 5 укосов) при pH 6,3 у тимофеевки луговой была в среднем на 9,8 ц/га ниже, чем при pH 5,3, у ежи сборной продуктивность по сумме укосов была практически одинаковой на обоих фонах кислотности.

В первый год пользования трав на обоих фонах кислотности почвы установлено существенное повышение урожайности тимофеевки при последствии селена в дозах 200 (на 4,5 и 5,0 ц/га) и 300 г/га (на 5,2-7,6 ц/га). Прибавка урожайности сена ежи 4,6 ц/га получена только при последствии селена в дозе 300 г/га на фоне кислотности почвы с pH 6,3.

Во второй год пользования трав отмечена тенденция к повышению урожайности сена тимофеевки луговой от последствия селена в дозе 100 г/га на обоих фонах кислотности почвы, от дозы 200 г/га – на фоне с pH 6,3.

На обоих фонах кислотности суммарная прибавка урожайности тимофеевки луговой (за 3 года пользования) от действия и последствия селенового удобрения в дозе 100 г Se/га составила в среднем 9,1 ц/га, в дозе 200 г Se/га – 8,5, в дозе 300 г Se/га – 7,9 ц/га. Суммарная прибавка урожайности ежи повысилась только при последствии селена в дозе 100 г/га на фоне pH 5,3.

Таким образом, в исследованиях установлено, что известкование дерново-подзолистой супесчаной почвы с изменением кислотности почвы с pH 5,3 до pH 6,3 приводило к существенному снижению урожайности тимофеевки. Очевидно,

Таблица 1

Урожайность сена многолетних злаковых трав при разных дозах селена и уровнях кислотности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы

Вариант	2008 г. (1-й год пользования)				2009 г. (2-й год пользования)				2010 г. (3-й год пользования)				Продуктивность, 2008-2010 гг.			
	Прибавка, ц/га		от рН		Прибавка, ц/га		от рН		Прибавка, ц/га		от рН		сумма укосов, ц/га	Прибавка, ц/га	от рН	от Se
	сумма укосов, ц/га	от рН	от Se	сумма укосов, ц/га	от рН	от Se	сумма укосов, ц/га	от рН	от Se	сумма укосов, ц/га	от рН	от Se				
Ежа сборная																
рН 5, – фон 1																
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – КОНТ- роль	94,8			107,0			64,8						266,6			
+ Se ₁₀₀ (r/ra)	96,1	1,3		110,8	3,8		65,8	1,0					272,7			6,1
+ Se ₂₀₀	96,0	1,2		107,8	0,8		66,7	1,9					270,5			3,9
+ Se ₃₀₀	95,9	1,1		100,6	-6,4		65,7	0,9					262,2			-4,4
рН 6,3 – фон 2																
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – КОНТ- роль	90,5	-4,3		110,1	3,1		69,4	4,6					270,0	3,4		
+ Se ₁₀₀ (r/ra)	93,3	-2,8	2,8	108,5	-2,3	-1,6	68,5	2,7	-0,9				270,3	-2,4	0,3	
+ Se ₂₀₀	92,7	-3,3	2,2	108,3	0,5	-1,8	67,5	0,8	-1,9				268,5	-2,0	-1,5	
+ Se ₃₀₀	95,1	-0,8	4,6	106,4	5,8	-3,7	67,9	2,2	-1,5				269,4	7,2	-0,6	
HCP ₀₅ рН		2,4			4,9			7,0								
HCP ₀₅ Se			3,3			6,9										9,8

Окончание табл. 1

Вариант	2008 г. (1-й год пользования)				2009 г. (2-й год пользования)				2010 г. (3-й год пользования)				Продуктивность, 2008-2010 г.			
	сумма укозов, ц/га	Прибавка, ц/га		сумма укозов, ц/га	Прибавка, ц/га		1-й укоз, ц/га	Прибавка, ц/га		сумма укозов, ц/га	Прибавка, ц/га		от рН	от Se		
		от рН	от Se		от рН	от Se		от рН	от Se							
Тимофеевка луговая																
рН 5,3 – фон 1																
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – конт- роль	92,0			106,0			53,1			251,1						
+ Se ₁₀₀ (f/ra)	95,3		3,3	108,6		2,6	56,5			260,4		3,4		9,3		
+ Se ₂₀₀	96,5		4,5	104,8		-1,2	54,7			256,0		1,6		4,9		
+ Se ₃₀₀	99,6		7,6	106,9		0,9	52,7			259,2		-0,4		8,1		
рН 6,3 – фон 2																
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – конт- роль	90,0		-2,0	102,9		-3,1	46,8			239,7		-6,3		-11,4		
+ Se ₁₀₀ (f/ra)	90,2		-5,1	106,3		-2,3	52,1			248,6		-4,4	5,3	-11,8		
+ Se ₂₀₀	95,0		-1,5	106,5		1,7	50,3			251,8		-4,4	3,5	-4,2		
+ Se ₃₀₀	95,2		-4,4	103,5		-3,4	48,7			247,4		-4,0	1,9	-11,8		
HCP ₀₅ рН			3,2			4,6						5,3				
HCP ₀₅ Se			4,5			6,5						7,5				

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

для возделывания тимфеевки луговой на супесчаной почве более оптимальной является кислотность pH 5,3, чем pH 6,3.

Последствие селенового удобрения повышало урожайность трав в первый год их пользования. Повышение урожайности тимфеевки установлено на обоих фонах кислотности при дозах 200 и 300 г Se/га, повышение урожайности ежи сборной – при дозе 300 г/га на фоне pH 6,3.

Таблица 2

Содержание селена в сене многолетних злаковых трав при разных дозах селенита натрия на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве

Вариант	2008 г. (1-й год пользования)				2009 г. (2-й год пользования)			
	1-й укос		2-й укос		1-й укос		2-й укос	
	Se, мкг/кг	K _H *	Se, мкг/кг	K _H	Se, мкг/кг	K _H	Se, мкг/кг	K _H
Ежа сборная								
pH 5,3 – фон 1								
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – КОНТ-роль	20,1		17,7		17,1		17,5	
+ Se ₁₀₀ (r/ra)	58,3	2,9	44,5	2,5	32,4	1,3	27,8	1,6
+ Se ₂₀₀	101,8	5,1	74,2	4,2	42,0	2,5	32,8	1,9
+ Se ₃₀₀	130,5	6,5	108,8	6,1	72,4	4,2	61,4	3,5
pH 6,3 – фон 2								
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – КОНТ-роль	25,5		18,1		18,8		18,3	
+ Se ₁₀₀ (r/ra)	70,9	2,8	46,2	2,6	33,8	1,3	27,2	1,5
+ Se ₂₀₀	110,5	4,3	90,8	5,0	42,0	2,2	39,6	2,2
+ Se ₃₀₀	167,6	6,6	104,7	5,8	72,4	3,9	59,8	3,3
HCP ₀₅ (pH)	16,0		9,8		2,7		5,2	
HCP ₀₅ (Se)	22,6		13,9		3,8		7,3	
Тимфеевка луговая								
pH 5,3 – фон								
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – КОНТ-роль	23,2		19,8		20,0		21,8	
+ Se ₁₀₀ (r/ra)	57,8	2,5	38,5	1,9	35,2	1,5	35,3	1,6
+ Se ₂₀₀	111,3	4,8	64,8	3,3	42,0	2,1	43,0	2,0
+ Se ₃₀₀	120,7	5,2	73,4	3,7	63,1	3,2	62,1	2,8
pH 6,3 – фон 2								
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀ – КОНТ-роль	25,6		20,3		18,3		22,3	
+ Se ₁₀₀ (r/ra)	54,9	2,1	37,3	1,8	40,4	2,2	33,4	1,5
+ Se ₂₀₀	110,7	4,3	66,0	3,3	44,8	2,4	41,1	1,8
+ Se ₃₀₀	134,4	5,3	80,8	4,0	75,7	4,1	63,9	2,9
HCP ₀₅ (pH)	10,7		4,3		1,0		4,7	
HCP ₀₅ (Se)	15,2		6,1		1,5		6,6	

K_H* – коэффициент накопления селена в сене по сравнению с фоновым содержанием

Ежа сборная и тимopheевка луговая, возделываемые на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, характеризовались низким содержанием селена. Содержание селена в сене ежи находилось на уровне 17,1-25,5 мкг/кг, в сене тимopheевки – на уровне 18,3-25,6 мкг/кг.

В исследованиях установлено, что внесение селенита натрия в почву перед посевом трав является эффективным приемом обогащения сена многолетних злаковых трав селеном (табл. 2).

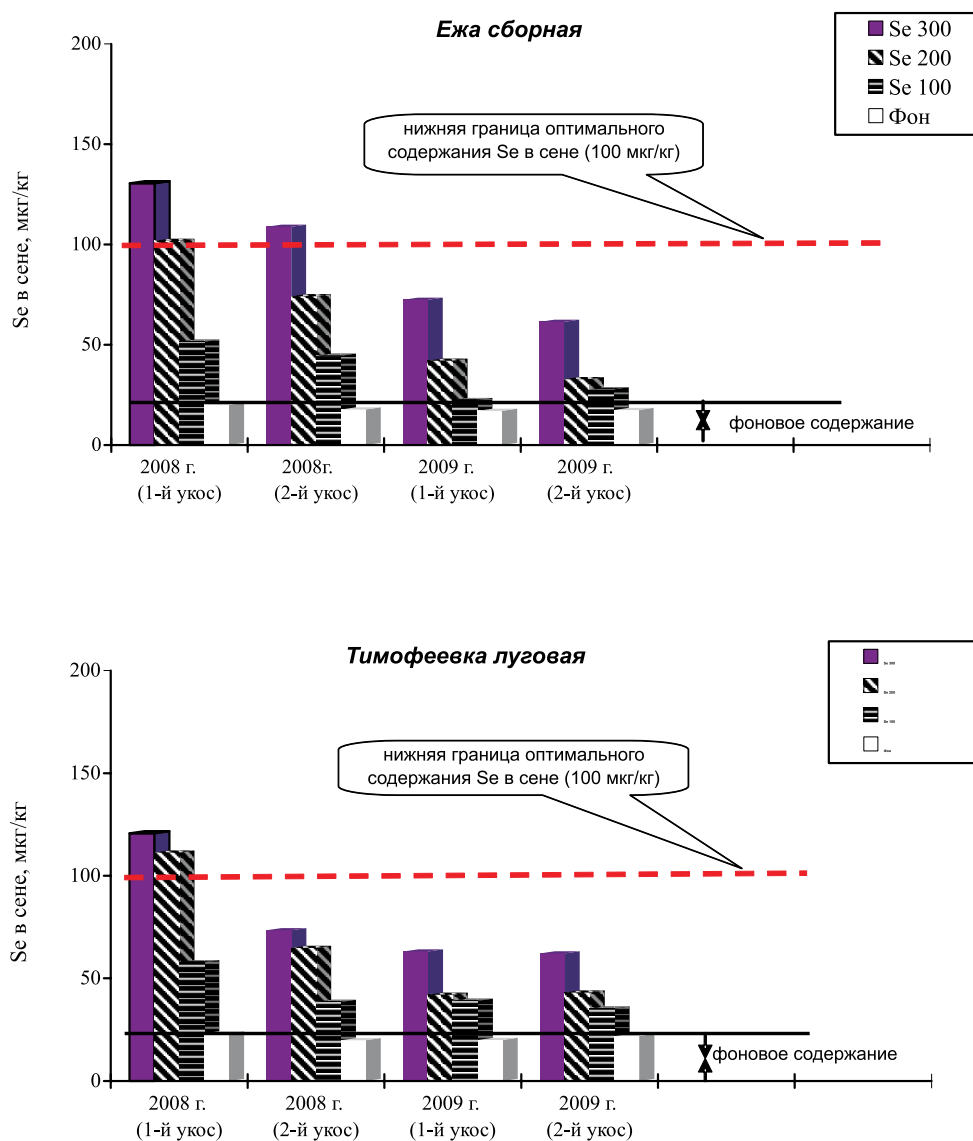


Рис. 1. Накопление селена в сене ежи сборной и тимopheевки луговой при внесении в почву разных доз селенита натрия (рН 5,3)

В первый год пользования трав последствие селена существенно повысило содержание элемента в сене первого укоса. По сравнению с фоновым содержание селена в сене ежи сборной увеличилось в среднем в 2,8; 4,7 и 6,6 раза, в сене тимофеевки луговой – в 2,3; 4,6; 5,3 раза при дозах 100; 200 и 300 г Se/га, соответственно. Содержание Se в сене ежи на уровне 101,8-167,6 мкг/кг, в сене тимофеевки на уровне 110,7-134,4 мкг/кг было достигнуто при последствии селена в дозах 200 и 300 г/га на обоих фонах кислотности почвы. Во втором укосе трав содержание селена (104,7-108,8 мкг/кг) на уровне нижней границы оптимального содержания (100 мкг/кг) обеспечивалось дозой только в сене ежи сборной. В сене тимофеевки луговой на фоне дозы 300 г Se/га содержание селена в сене не достигло оптимального уровня, но было в 3,7-4,0 раза выше фонового, что очень значимо для селенодефицитной зоны (рис.1).

Во второй год пользования трав на фоне последствия селена в дозе 300 г/га содержание микроэлемента в сене первого укоса ежи и тимофеевки находилось в пределах 63,1-75,7 мкг/кг, что в 3-3,5 раза выше фонового содержания.

В третий год пользования трав содержание селена в сене ежи и тимофеевки на фоне селенового удобрения в дозе 300 г/га превышало фоновое содержание, в среднем в 3 раза.

Таким образом, в наших исследованиях, как и в исследованиях других авторов [10, 11], установлено, что селенит натрия в большей степени оказал влияние на накопление селена в травах, чем на повышение их урожайности.

Содержание селена в сене ежи сборной на уровне оптимального достигалось в первый год пользования трав при дозах селена 200 и 300 г/га, в сене тимофеевки луговой – только в первом укосе при дозе 300 г Se/га. Во второй год пользования при дозах селена 100-300 г/га содержание его в сене трав было выше фонового в среднем в 1,6-3,5 раза, что очень значимо для селенодефицитной зоны.

ВЫВОДЫ

1. Установлена разная отзывчивость ежи сборной и тимофеевки луговой на изменение кислотности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы. Общая урожайность сена тимофеевки за 3 года пользования трав при кислотности почвы pH 6,3 была в среднем на 9,8 ц/га ниже, чем при pH 5,3. Для возделывания тимофеевки луговой более предпочтительно является кислотность почвы pH 5,3, чем pH 6,3. У ежи сборной снижение урожайности отмечено только в первый год пользования, общая продуктивность по сумме укосов при обоих фонах кислотности существенно не изменилась.

2. Внесение селенита натрия в почву повышало урожайность трав только в первый год их пользования. Повышение урожайности тимофеевки на 4,5-5,0 и 5,2-7,6 ц/га установлено на обоих фонах кислотности при дозах 200 и 300 г Se/га, повышение урожайности ежи сборной на 4,6 ц/га отмечено при дозе 300 г Se/га на фоне кислотности с pH 6,3.

3. Применение селенсодержащего удобрения на супесчаной почве с низким содержанием селена является эффективным способом обогащения продукции

многолетних злаковых трав селеном. На обоих фонах кислотности почвы содержание селена на оптимальном уровне в сене ежи сборной (101,8-167,6 мкг/кг) и тимофеевки луговой (110,7-134,4 мкг/кг) достигалось в первом укосе в первого года пользования при дозах 200 и 300 г Se/га, во втором укосе – только в сене ежи сборной при дозе 300 г Se/га. Во второй год пользования трав при дозах 100-300 г Se/га содержание селена в сене трав не достигало оптимального уровня, но было выше фонового в среднем в 1,6-3,5 раза, что очень значимо для селенодефицитной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев, В.Н. Содержание селена в почвах БССР: автореф. дис ... канд.с.-х. наук: 06.01.03 / В.Н Лебедев; Бел НИИЗ. – Жодино, 1973. – 20 с.
2. Головатый, С.Е. Содержание селена в почвах и растениях Беларуси / С.Е. Головатый [и др.]. // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – №1(34). – С. 89-93.
3. Сахончик, П.Е. Дополнительные введения йода и селена для профилактики нарушений воспроизводительной функции у высокопродуктивных коров / П.Е. Сахончик, В.В. Жаркин, П.Ф. Зацепин // Научные основы развития животноводства в Республике Беларусь. – 1994. – №25. – С. 59-63.
4. Кучинский, М.П. Распространение селена во внешней среде, его роль в организме животных, последствия дефицита и избытка [В условиях Белоруссии] / М.П. Кучинский // Ветеринарная наука – производству / Ин-т эксперим. ветеринарии НАН Беларуси. – Минск, 2007. – Вып. 39. – С. 169-188.
5. Зайцев, В.А. Содержание селена в основных пищевых продуктах, потребляемых населением Беларуси / В.А. Зайцев, Н.Д. Коломиец, В.И. Мурох // Питание и обмен веществ / Институт биохимии.– Гродно, 2002. – С. 34-45.
6. Головатый, С.Е. Влияние селеновых удобрений и уровней кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы на урожайность многолетних злаковых трав и накопление в них селена / С.Е. Головатый [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С.227-240.
7. Venalainen, E.R. The Effect of addition of selenium on selenium satisfies in a muscle and a liver of the Finnish pigs and horned livestock / E.R. Venalainen, T. Hirvi, J. Hirn // Jagric food chem. – 1997. – Vol. 45(3). – P. 810-813.
8. Archer, F.C. The uptake of applied selenium by grassland Herbage / F.C. Archer // J. Scei Food Agric. – 1983. – Vol. 34, №1. – P. 49-60.
9. Katalogas Kemira UAB Kemira AGRO VILNIUS, 98 – Pavasaris, 99. – 113 с.
10. Торшин, С.П. Обогащение люпина желтого селеном при внесении биселенита натрия / С.П. Торшин, И.Ю. Забродина, Т.Е. Машкова // Агрохимия. – 2001. – №1. – С. 34-43.
11. Рак, М.В. Эффективность применения селенсодержащих азотных удобрений при возделывании многолетних злаковых трав на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / М.В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №1(40). – С. 168-175.

INFLUENCE OF SELENIUM ON PRODUCTIVITY AND SELENIUM ACCUMULATION IN HAY OF THE LONG-TERM CEREAL GRASSES CULTIVATED ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL WITH DIFFERENT LEVELS OF ACIDITY

S.E. Golovaty, Z.S. Kovalevitch, N.K. Lukashenko, I.A. Efimova, N.V.Sidoreiko

Summary

Application of sodium selenit in dernovo-podsolic soil with the low maintenance of selenium (30-40 mkg/kg of soil) before crops of cereal grasses is effective way of selenium. The selenium content at optimum level for forages in hay hedgehogs of a national team (101,8-167,6 mkg/kg) and hay timothy grass (110,7-134,4 mkg/kg) was reached in the first hay crop in the first year of using at doses 200 and 300 g Se/he, in the second hay crop – only in hay hedgehogs of a national team at a dose 300 g Se/he. In the second year of using of grasses at doses 100-300 g Se/he the selenium maintenance in hay of grasses did not reach an optimum level, but was above background on the average in 1,6-3,5 times that is very significant for selenodeficiency zones.

Поступила 9 февраля 2011 г.

УДК 631.81.095.337:633.15

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ
В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ**

О.И. Мишура

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

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза в Республике Беларусь является важной кормовой культурой. В 2006-2009 гг. она возделывалась на площади 663 тыс. га [1].

В настоящее время проблема оптимизации питания растений микроэлементами особенно актуальна. Ее значимость определяется дефицитом белка и микроэлементов в урожае. В связи с этим большое значение имеет оценка микроэлементного состава растениеводческой продукции, установление оптимальных доз и способов внесения микроэлементов, обеспечивающих повышение урожайности и качества сельскохозяйственных культур [2, 3, 4, 5].

В последнее время наряду с простыми солями стали широко применяться органно-минеральные и хелатные соединения микроэлементов. Комплексанаты металлов поступают в растения из почвы и через листья без изменений, и только в растении происходит их разрушение и переход микроэлементов в метаболиты растительных тканей. Внесение микроудобрений в виде комплексанатов, как показали исследования, повышает урожайность зерновых культур на 10-23% по сравнению с простыми солями [6]. Выпускаются также комплексные препараты,

которые помимо микроэлементов содержат различные биологически активные вещества, ферменты, макроэлементы (азот, магний и др.) [7].

Целью исследования было изучения действия новых одно- и многокомпонентных микроудобрений на урожайность и качество кукурузы.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИИ

Исследования с кукурузой гибрид Бемо 182 проводились в 2008-2009гг. на опытном поле "Тушково" учебно-опытного хозяйства УО "БГСХА", на дерново-подзолистой почве, среднеокультуренной, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Почва опытного участка имела слабокислую реакцию почвенной среды (pH_{KCL} 5,7-5,8), недостаточное содержание гумуса (1,70-1,71%), повышенное содержание подвижного фосфора (186-202 мг/кг), среднее и повышенное – подвижного калия (197-213 мг/кг).

Общая площадь делянки – 36 м², учетная – 24,7 м², повторность – четырехкратная. Норма высева семян кукурузы – 110 тыс./га. Способы учета урожая сплошной, поделяночный.

В опытах с кукурузой из минеральных удобрений использовались карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий. Из комплексных микроудобрений применялись Витамар в дозе 1 л/га, состоящий из следующих компонентов: MgSO₄·7H₂O – 220 г, H₃BO₃ – 20 г, ZnSO₄·7H₂O – 20 г, MnSO₄·4H₂O – 120 г, CuSO₄·5H₂O – 260 г, (NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O – 10 г, FeSO₄·7H₂O – 120 г, соль Мора (NH₄)₂SO₄·FeSO₄·6H₂O – 10 г, гуматы – 50 мл. Применялось также комплексное микроудобрение фирмы "Адоб" Басфолиар 36 экстра (N – 36,3%, MgO – 4,3%, Mn – 1,34%, Cu – 0,27%, FeO – 0,03%, B – 0,003%, Zn – 0,013%, Mo – 0,01%) в дозе 4 л/га. Кроме того, использовался цинк в форме Адоб Zn (жидкий концентрат удобрения, содержащий 62% цинка в хелатной форме (в 1 л 62 г Zn), 9% – азота и 3% – магния в дозе 2 л/га. Некорневую обработку микроэлементами проводили в фазу 6-8 листьев.

Определение агрохимических показателей почвы и качества урожая кукурузы проводилось по общепринятым методикам в соответствии ГОСТ и ОСТ.

Экономическая эффективность применения удобрений рассчитывалась по методике разработанной Институтом почвоведения и агрохимии [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИИ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Самая низкая урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за 2008-2009 гг. была в варианте без внесения удобрений (табл. 1).

Внесение P₆₀K₁₀₀ на фоне небольшой дозы азота N₁₆ повышало урожайность зеленой массы на 117 ц/га. Применение P₆₀ на фоне N₉₀K₁₀₀ увеличивало урожайность зеленой массы кукурузы на 42 ц/га. Внесение высоких доз минеральных удобрений N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ + N₃₀ не способствовало повышению урожайности зеленой массы кукурузы по сравнению с вариантом N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀. Эффективным было применение комплексных микроудобрений Басфолиара и Витамара. На фоне N₉₀P₇₀K₁₂₀ + N₃₀ урожайность зеленой массы при применении Витамара возрастала на 73 ц/га, а Басфолиара на фоне N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ + N₃₀ – на 41 ц/га. Максимальная уро-

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

жайность зеленой массы кукурузы в среднем за 2008-2009гг. в пределах 617-623 ц/га была получена в вариантах $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + Адоб Zn, $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Адоб Zn, $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Басфолиар 36 экстра.

Самая высокая окупаемость 1 кг NPK зеленой массы кукурузы (100,3 кг) была получена при применении $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + Адоб Zn (табл. 1). Применение микроудобрений увеличивало сбор к.ед. зеленой массы кукурузы.

Таблица 1

Влияние макро- и микроудобрений на урожайность зеленой массы кукурузы

Вариант опыта	Урожайность зеленой массы ц/га			Сухое вещество, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK кг зеленой массы	Сбор к.ед., ц/га
	2008 г.	2009 г.	Среднее за 2 года			
1. Без удобрений	225	387	306	74,8	-	61,2
2. $N_{16}P_{60}K_{100}$	311	535	423	103,4	66,5	84,6
3. $N_{60}K_{100}$	374	619	496	121,5	100,0	99,3
4. $N_{90}P_{60}K_{100}$	420	656	538	131,5	92,8	107,6
5. $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$	447	708	578	141,2	87,7	115,5
6. $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + Адоб Zn	496	727	617	149,6	100,3	123,4
7. $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + Витамар	469	725	611	146,0	98,4	119,4
8. $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$	432	732	582	142,3	70,8	116,4
9. $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Адоб Zn	488	746	617	150,9	79,7	123,4
10. $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Басфолиар 36 экстра	495	750	623	155,8	81,3	124,5
НСР ₀₅	20,0	17,7	13,5			

Максимальный сбор сухого вещества (150,9-155,8 ц/га) и к.ед. (123,4-124,5 ц/га) кукурузы был получен в вариантах $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + Адоб Zn, $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Адоб Zn, $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Басфолиар 36 экстра.

Применение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания сырого белка в зеленой массе кукурузы по сравнению с вариантом без внесения удобрений. Внесение высоких доз удобрений $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$, $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ повышало содержание сырого белка по сравнению с контролем на 1,8 и 1,6% на сухое вещество (табл. 2).

Применение комплексного микроудобрения Витамар, а также цинка в форме Адоб Zn несколько снижало, по сравнению с фоновыми вариантами, содержание сырого белка. Максимальное содержание сырого белка было при применении комплексного микроудобрения Басфолиар 36 экстра на фоне $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$, которое составило 10,3%. В этом же варианте был максимальный сбор сырого белка (9,3 ц/га) и обеспеченность кормовой единицы перевариваемым протеином (75 г) (табл. 2).

Достаточно высоким сбор перевариваемого протеина был и в варианте с применением Адоб Zn на фоне $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Адоб Zn.

Содержание сырой клетчатки в зеленой массе кукурузы по вариантам опыта находилось в оптимальных пределах (табл. 3).

**Влияние макро- и микроудобрений на качество кукурузы
(среднее за 2008-2009 гг.)**

Варианты опыта	Сырой белок, % на сухое вещество	Выход сырого белка, ц/га	Сбор переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность к.ед., г переваримого протеина
1. Без удобрений	7,7	5,8	3,3	56
2. $N_{16} P_{60} K_{100}$	8,6	8,9	5,2	61
3. $N_{60} K_{100}$	9,2	11,2	6,5	65
4. $N_{90} P_{60} K_{100}$	9,6	12,6	7,3	68
5. $N_{90} P_{70} K_{120} + N_{30}$	9,5	13,4	7,8	68
6. $N_{90} P_{70} K_{120} + N_{30} + \text{Адоб Zn}$	9,0	13,5	7,8	64
7. $N_{90} P_{70} K_{120} + N_{30} + \text{Витамар}$	9,1	13,3	7,7	64
8. $N_{120} P_{90} K_{150} + N_{30}$	9,3	13,9	7,7	66
9. $N_{120} P_{90} K_{150} + N_{30} + \text{Адоб Zn}$	9,7	14,6	8,5	69
10. $N_{120} P_{90} K_{150} + N_{30} + \text{Басфолиар 36 экстра}$	10,3	16,1	9,3	75

Применение комплексного микроудобрения Витамара, содержащего медь, способствовало возрастанию концентрации этого микроэлемента в зеленой массе кукурузы. В этом варианте опыта был и максимальный вынос меди с урожаем кукурузы. Содержания цинка в зеленой массе кукурузы возросло при некорневых подкормках Адоб Zn. В вариантах с применением цинка отмечен и наиболее высокий вынос этого микроэлемента с урожаем кукурузы (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание микроэлементов и клетчатки в зеленой массе,
вынос меди и цинка кукурузой (среднее за 2008-2009 гг.)**

Варианты опыта	Сырая клетчатка, %	Содержание меди, мг/кг сухого вещества	Содержание цинка, мг/кг сухого вещества	Вынос, г/га	
				меди	цинка
1. Без удобрений	20	1,7	6,4	13,2	59,7
2. $N_{16} P_{60} K_{100}$	19,5	1,9	8,2	20,2	97,0
3. $N_{60} K_{100}$	19,5	2,4	10,3	30,0	146,3
4. $N_{90} P_{60} K_{100}$	21,5	2,1	5,9	27,8	102,8
5. $N_{90} P_{70} K_{120} + N_{30}$	20,5	2,5	6,1	36,0	131,9
6. $N_{90} P_{70} K_{120} + N_{30} + \text{Адоб Zn}$	20,5	2,5	10,2	38,1	195,2
7. $N_{90} P_{70} K_{120} + N_{30} + \text{Витамар}$	20,0	3,6	8,9	55,2	154,6
8. $N_{120} P_{90} K_{150} + N_{30}$	19,0	3,3	9,0	48,2	146,4
9. $N_{120} P_{90} K_{150} + N_{30} + \text{Адоб Zn}$	21,5	2,5	9,9	39,9	191,0
10. $N_{120} P_{90} K_{150} + N_{30} + \text{Басфолиар 36 экстра}$	22,5	3,4	6,1	52,2	157,0

Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений под кукурузу (среднее за 2008-2009 гг.)

Варианты опыта	Прибавка, ц/га к.ед.	Стоимость прибавки тыс. руб./га	Всего затрат, тыс. руб./га	Прибыль тыс. руб./га	Рентабельность, %
1. Без удобрений	–	–	–	–	–
2. $N_{16}P_{60}K_{100}$	23,4	498,3	326,1	172,2	52,8
3. $N_{60}K_{100}$	38,0	809,4	309,3	500,1	161,7
4. $N_{90}P_{60}K_{100}$	46,4	988,2	522,3	465,9	89,2
5. $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$	54,3	1156,5	640,2	516,3	80,6
6. $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + Адоб Zn	62,2	1324,8	707,1	617,7	87,4
7. $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ + Витамар	58,2	1239,6	677,1	562,5	83,1
8. $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$	55,2	1175,7	779,1	396,6	50,9
9. $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Адоб Zn	62,2	1324,8	843,9	480,9	57,0
10. $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ + Басфолиар 36 экстра	63,3	1348,2	875,1	473,1	54,1

Следует отметить, что содержание меди и цинка в зеленой массе кукурузы было ниже оптимального. Оптимальное содержание в зеленой массе меди и цинка 5-10 и 20-60 мг/кг сухой массы. Содержание нитратов в зеленой массе кукурузы возрастало в вариантах с повышенными дозами азотных удобрений. В 2008 году по вариантам опыта содержание $N-NO_3$ мг/кг в зеленой массе кукурузы колебалась в пределах 360-447 мг, а в 2009 – 251-612 мг/кг сухого вещества. Таким образом, содержание нитратов в зеленой массе не выходило за допустимые пределы. Предельно допустимая концентрация нитратов в зленной массе кукурузы 500 мг/кг сырого продукта 4].

Расчеты экономической эффективности применения удобрений показали, что использование макро- и микроудобрений было экономически оправданным приемом (табл. 4). Наиболее высокая прибыль была при внесении Адоб Zn и комплексного микроудобрения Витамар на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$, которая составила 617,7 и 562,5 тыс. руб./га (табл. 4). В этих вариантах опыта была и наибольшая рентабельность 87,4 и 83,1%.

ВЫВОДЫ

1. Применение Адоб Zn и комплексного микроудобрения Витамар на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ повышали урожайность зеленой массы на 39,0 и 33,0 ц/га. В этих вариантах отмечен и максимальный выход кормовых единиц (122,3 и 119,4 ц/га). Адоб Zn и Басфолиар 36 экстра увеличивали урожайность зеленой массы кукурузы на фоне $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ на 35 и 63 ц/га.

2. Максимальное содержание сырого белка в зеленой массе кукурузы было при применении комплексного микроудобрения Басфолиар 36 экстра на фоне $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$, которое составило 10,3%. В этом же варианте был максимальный сбор сырого белка (9,3 ц/га) и обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином 75 г).

3. Наиболее высокая прибыль была при внесении Адоб Zn и комплексного микроудобрения Витамар на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$, которая составила 617,7 и 562,5 тыс. руб./га при уровне рентабельности 87,4 и 83,1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никончик, П.И. Почвенно-экологические возможности производства и экспорта продукции сельского хозяйства при различных уровнях ведения земледелия и животноводства в сельскохозяйственных организациях Беларуси / П.И. Никончик // Земляробства і ахова раслін. – 2010. – №5. – С. 5-10

2. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак // Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2002. – С. 127

3. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник для студ. высших учеб. завед. для агроном. спец. / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Колос, 2002. – 584с.

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

5. Рациональное применение удобрений: пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: Белорусская госуд. сельскохозяйственная академия, 2002. – 324с.

6. Фатеев, А.И. Основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – Харьков: Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского, 2005. – 134с.

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 – плодородие – урожай: материалы научно-практ. конфер., посвящ. 100-летию со дня рождения С.Н. Иванова и 90-летию со дня рождения Т.Н. Кулаковской, 16-18 февраля 2009 г. – Минск, 2009. – С. 133-134

8. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MICROFERTILIZERS IN HELAT FORM AT CULTIVATION OF MAIZE

O.I. Mishura

Summary

The application Adob Zn and complex microfertilizer Vitamar on the background $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ raised productivity of green mass of maize on 39,0 and 33,0 c/ha. Adob Zn and Basfoliar 36 increased productivity of green mass of maize on the background $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ by 35 and 63 c/ha.

The maximum content of crude protein was at application of complex microfertilizer Basfoliar 36 on the background $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ which has made 10,3% on a solid. In the same variant there was also a maximum gathering of crude protein (9,3 c/ha).

The greatest profit was in variants about entering Vitamar and Adob Zn on the background $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ which has made 562,5 and 617,7 thousand in rub./ha at profitability of 83,1 and 87%.

Поступила 15 апреля 2011 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

С.Г. Алиев, И.Р. Вильдфлуш

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

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси картофель имеет большое, разностороннее значение. Его используют как пищевую, техническую и кормовую культуру. В нашей стране картофель играет особую роль в обеспечении населения продовольствием, оставаясь наиболее ценным и ничем не заменимым каждодневным продуктом питания. В клубнях содержится около 25% сухого вещества, в том числе 12-22% крахмала, 1,4-3% белка и 0,8-1% зольных веществ. В их состав входят различные витамины – С, В (В₁, В₂, В₆), РР, К и каротиноиды.

Велико значение картофеля и как технической культуры. Он служит сырьем крахмалопаточной, декстриновой промышленности, идет на производство глюкозы, спирта и др.

В последние годы сокращались посевные площади под картофелем в крупнотоварных хозяйствах и увеличивались в личных подсобных хозяйствах. По данным РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодовоовощеводству», посевные площади под картофелем в 2009-2010 гг. составили 367,2 тыс. га, из которых 46,2 тыс. га приходятся на долю сельскохозяйственных организаций, а оставшаяся часть (321,0 тыс. га) – под личными подсобными хозяйствами. Сбор продукции во всех категориях хозяйств в 2010 г. составил около 10 млн. т.

Производство сельскохозяйственной продукции в наше время находится на таком уровне, когда рост урожайности и качества продукции возможен только при использовании последних достижений науки. Одним из таких достижений является применение регуляторов роста растений.

К регуляторам роста относятся природные и синтетические соединения, которые обеспечивают повышение их продуктивности, устойчивости к неблагоприятным условиям среды и болезням, регулируя их физиологические процессы.

В настоящее время известными являются пять типов регуляторов роста – ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота и этилен, изученными в той или иной мере являются около 5000 соединений синтетического или природного происхождения, оказывающих росторегулирующее действие, из которых используется в производстве лишь сотая часть.

В последнее десятилетие все более широкое применение получает обработка растений в период вегетации различными препаратами на основе гуминовых кислот или аминокислот, а также их производные с микроэлементами в хелатной форме [1]. Исследованиями в разных странах установлено, что гуминовые кислоты обладают стимулирующим действием, увеличивают устойчивость растений

к отрицательному влиянию гербицидов, ускоряют синтез определенных соединений, которые могут оказывать положительное влияние на качество и технологические свойства продукции [2,3]. Аминокислоты, входящие в состав препаратов, непосредственно усваиваются растениями, поэтому метаболический цикл синтеза белков сокращается и растения на дополнительное питание реагируют быстрее [4]. Быстрее растениями усваиваются и комплексы микроэлементов с органическими соединениями (хелаты).

Все больший интерес привлекают к себе физиологически активные вещества растительного происхождения и препараты на их основе.

К таким препаратам относится Экосил, действующим веществом которого является комплекс тритерпеновых кислот, выделяемый из хвои пихты сибирской.

Препаративная форма: Экосил – 5%-ная модифицированная водная эмульсия. Производят его в Беларуси. Экосил зарегистрирован Госхимкомиссией Республики Беларусь более чем на 20 культурах, в том числе и на картофеле.

Физиологическая активность тритерпеновых кислот в период вегетации проявляется в положительном воздействии на процессы фотосинтеза. При этом повышая фотохимическую активность хлоропластов, регулируется водный режим растительной клетки, оказывается положительное влияние на функциональную активность клеточных мембран, обеспечивается образование антистрессовых метаболитов.

В результате в растениях активизируются процессы фотосинтеза, транспорта и обмена веществ, накопления их в запасающих тканях, снижается расход энергии, что в конечном итоге обеспечивает быстрое нарастание биомассы, повышает устойчивость растений к неблагоприятным экологическим факторам, таким как засуха, заморозки, болезни [5,6].

Цель исследований – изучение влияния регулятора роста Экосила, комплексных жидких удобрений Басфолиара 36 экстра и Витамара, сочетания применения Басфолиара 36 экстра с регулятором роста Экосилом на урожайность и качество картофеля. Была поставлена также задача – дать оценку экономической эффективности применения макро- и микроудобрений и регулятора роста Экосила при возделывании картофеля.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В полевых опытах на культуре картофеля изучалась агрономическая и экономическая эффективность регулятора роста Экосил – 5%-ная модифицированная водная эмульсия, комплексного микроудобрения Басфолиар 36 экстра, содержащего азот и микроэлементы (36,3% – N, 4,3% – MgO, 1,34% – Mn, 0,27% – Cu, 0,03% – Fe, 0,03% – B, 0,013% – Zn, 0,01% – Mo) и комплексного препарата Витамар, содержащего микроэлементы и регулятор роста ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 220 г, H_3BO_3 – 20 г, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ – 20 г, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ – 120 г, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ – 260 г, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 2O$ – 10 г, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 120 г, соль Мора $(NH_4)_2SO_4 \cdot FeSO_4 \cdot 6H_2O$ – 10 г, гуматы – 50 мл на 1 л раствора).

Объектом исследования являлся сорт картофеля среднего срока созревания Журавинка. Густота посадки клубней – 55 тыс. шт./га

Исследования проводились на дерново-подзолистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глуби-

ны 1 м, на опытном поле «Тушково» учебно-опытного хозяйства БГСХА. Почва имела слабокислую реакцию почвенной среды: pH_{KCL} 5,4 – 5,8, недостаточное содержание гумуса (1,64-1,7%), среднее и повышенное – подвижного фосфора (144 – 174 мг/кг), повышенное – подвижного калия (218-227 мг/кг). Минеральные удобрения были внесены в дозе $N_{100}P_{60}K_{130}$ в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия. Общая площадь делянки – 35 м², учетной – 25 м², повторность – 4-х кратная.

Экосил – 5% в э. применяли в фазе бутонизации 1-ый раз, через 10-12 дней – 2-ой и еще через 10-12 дней – 3-й раз по 100 мл/га.

Некорневая подкормка Басфолиаром 36 экстра (6 л/га) и Витамаром (2 л/га) проводилась при высоте куста 15-20 см. Расход рабочего раствора жидкости составлял 200 л/га.

Расчет экономической эффективности удобрений проводился по методике РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [7].

Статистическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Внесение $N_{100}P_{60}K_{130}$ до посадки картофеля увеличивало урожайность клубней по сравнению с контролем на 88,7 ц/га при окупаемости 1 кг НРК урожаем клубней картофеля 30,6 кг. При этом содержание крахмала в клубнях снизилось на 0,8%. Однако в связи с увеличением урожайности сбор крахмала при применении $N_{100}P_{60}K_{130}$ по сравнению с контролем возрос на 11,7 ц/га.

При обработке посадок картофеля регулятором роста Экосил урожайность по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ выросла на 10,6 ц/га, при этом окупаемость 1 кг НРК урожаем клубней увеличилась на 3,6 кг (табл. 1). Применение Экосила способствовало увеличению содержания крахмала в клубнях по сравнению с фоном на 0,7%. Экосил способствовал и возрастанию валового сбора крахмала на 3,5 ц/га (табл. 2). Применение некорневой подкормки комплексным микроудобрением Басфолиар 36 экстра при высоте куста 15-20 см (6 л/га) повышало по сравнению с фоном урожайность клубней на 24,8 ц/га. Окупаемость 1 кг НРК урожаем клубней в этом варианте опыта выросла на 8,5 кг (табл. 1).

Под влиянием Басфолиар 36 экстра содержание крахмала в клубнях на фоне $N_{100}P_{60}K_{130}$ возросло в среднем за 2008-2010 гг. на 1,0%, а выход крахмала – на 6,5 ц/га (табл.2).

Применение некорневых подкормок комплексным микроудобрением Витамар (2 л/га) повышало урожайность клубней на 21,3 ц/га. Окупаемость 1 кг НРК урожаем клубней выросла на 7,3 кг по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ (табл.1). Под влиянием Витамара содержание крахмала в клубнях возросло в среднем за 2008-2010 гг. на 1,5%, а выход крахмала – на 7,4 ц/га (табл.2).

Совместное применение регулятора роста Экосила (100 мл/га) и комплексного микроудобрения Басфолиар 36 экстра (6 л/га) в фазе бутонизации увеличило по сравнению с фоном урожайность на 37,1 ц/га, а окупаемость 1 кг НРК урожаем клубней – на 12,8 кг (табл. 1). В этом варианте опыта наблюдалась максимальная окупаемость 1 кг НРК урожаем клубней (43,4 кг.). Под влиянием совместной обработки этими препаратами содержание крахмала в клубнях по сравнению с фоновым вариантом увеличилось на 1,4%, а выход крахмала – на 9,6 ц/га (табл. 2).

Таблица 1

**Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность картофеля
(среднее за 2008, 2010 гг.)**

№	Вариант	Урожайность клубней, ц/га			Прибавка урожайности, ц/га		Окупаемость 1 кг НРК урожая клубней, кг
		2008 г.	2010 г.	среднее за 2 года	общая	к фону	
1	Контроль (без удобрений)	164,9	175,8	170,3	-	-	-
2	$N_{100}P_{60}K_{130}$ – фон	260,8	257,2	259,0	88,7	-	30,6
3	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га)	288,1	279,6	283,8	113,5	24,8	39,1
4	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Экосил (3 раза по 100 мл/га)	271,4	267,8	269,6	99,3	10,6	34,2
5	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га) + Экосил (100 мл/га)	302,5	289,6	296,1	125,8	37,1	43,4
6	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Витамар (2 л/га)	285,2	275,4	280,3	110,0	21,3	37,9
	НСР ₀₅	8,2	9,4	6,3			

Применение регулятора роста Экосила на фоне $N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра повышало урожайность клубней картофеля в среднем за 2008 и 2010 гг. на 12,3 ц/га, содержание крахмала – на 0,4% и выход крахмала – на 3,1 ц/га.

Таблица 2

**Влияние удобрений и регуляторов роста на качество клубней картофеля
(среднее за 2008, 2010 гг.)**

№	Вариант	Крахмал, %			Выход крахмала, ц/га	Сухое вещество, %
		2008 г.	2010 г.	среднее за 2 года		
1	Контроль (без удобрений)	14,9	16,3	15,6	26,6	21,9
2	$N_{100}P_{60}K_{130}$ – фон	14,0	15,6	14,8	38,3	21,7
3	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га)	15,1	16,7	15,8	44,8	22,3
4	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Экосил (3 раза по 100 мл/га)	14,6	16,4	15,5	41,8	22,6
5	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га) + Экосил (100 мл/га)	15,4	17,0	16,2	47,9	23,1
6	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Витамар (2 л/га)	15,6	16,9	16,3	45,7	23,4
	НСР ₀₅	0,33	0,31	0,23		

Некорневая подкормка комплексным микроудобрением Басфолиар 36 экстра на фоне $N_{100}P_{60}K_{130}$ + Экосил повышала урожайность клубней на 26,5 ц/га, содержание крахмала – на 0,7% и выход крахмала – на 6,1 ц/га.

Наиболее высоким содержанием крахмала, сухого вещества и выход крахмала были в варианте, где сочеталось внесение регулятора роста Экосила с комплексным микроудобрением Басфолиар 36 экстра на фоне $N_{100}P_{60}K_{130}$.

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Анализ структуры урожая показывает, что обработка вышеперечисленными препаратами оказывает влияние как на количество клубней на одном растении, так и на фракционный состав. Как видно из табл. 3, возрастание урожайности происходит из-за увеличения, как общего количества клубней, так и товарной фракции.

Таблица 3

Структура урожая картофеля в зависимости от обработки растений регулятором роста Экосил и комплексным препаратом Витамар (среднее за 2008, 2010 гг.)

№	Вариант	Число клубней с одного куста, шт.				Товарность, %
		всего	крупных (более 100 г)	средних (50-100 г)	мелких (менее 50 г)	
1	Контроль (без удобрений)	8,7	1,7	4,1	2,9	86,5
2	$N_{100}P_{60}K_{130}$ – фон	9,2	2,4	4,3	2,5	88,7
3	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га)	10,9	2,8	5,1	2,6	91,6
4	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Экосил (3 раза по 100 мл/га)	9,8	2,9	4,2	2,7	90,9
5	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га) + Экосил (100 мл/га)	11,3	3,1	5,4	2,8	91,8
6	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Витамар (2 л/га)	9,9	3,1	4,6	2,2	92,1

Расчет экономической эффективности использования вышеперечисленных препаратов показал, что их применение является экономически выгодным приемом. При применении Экосила (100 мл/га 3 раза) по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ увеличивалась прибыль на 278,2 \$/га и рентабельность на 12,7% (табл. 4).

Таблица 4

Экономическая эффективность применения удобрений и регуляторов роста при возделывании картофеля (среднее за 2008, 2010 гг.)

№	Вариант	Прибавка, ц/га	Стоимость прибавки, \$/га	Затраты, \$/га	Прибыль, \$/га	Рентабельность, %
1	Контроль (без удобрений)	-	-	-	-	-
2	$N_{100}P_{60}K_{130}$ – фон	88,7	2686,1	2040,8	645,3	31,6
3	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га)	113,5	3439,0	2102,5	1336,5	63,6
4	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Экосил (3 раза по 100 мл/га)	99,3	3007,2	2083,7	923,5	44,3
5	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Басфолиар 36 экстра (6 л/га) + Экосил (100 мл/га)	125,8	3808,7	2133,9	1674,8	78,5
6	$N_{100}P_{60}K_{130}$ + Витамар (2 л/га)	110,0	3331,4	2086,8	1244,6	59,7

Некорневая подкормка Басфолиаром 36 экстра (6 л/га) повышала чистый доход на 691,2 \$/га, а рентабельность – на 32,0%.

Некорневая подкормка Витамаром (2 л/га) повышала чистый доход на 599,3 \$/га и рентабельность – на 28,1%.

Совместная обработка регулятором роста Экосил (100 мл/га) и комплексным препаратом Басфолиар 36 Экстра (6 л/га) увеличивала чистый доход на 1029,5 \$/га, а рентабельность – на 46,9%.

Максимальная прибыль (1674,8 \$/га) и рентабельность (78,5%) были при сочетании внесения Экосила и Басфолиара 36 экстра на фоне $N_{100}P_{60}K_{130}$.

ВЫВОДЫ

1. Применение регулятора роста Экосил, комплексных микроудобрений Басфолиар 36 экстра и Витамар при выращивании картофеля на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ увеличивало урожайность клубней на 10,6 ц/га, 24,8 и 21,3 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней на 3,6 кг, 8,5 и 7,3 кг соответственно. Увеличение урожайности происходило при обработке посевов этими препаратами, как за счет увеличения количества клубней на 1 растении, так и с возрастанием товарной фракции. При совместном применении комплексного препарата Басфолиар 36 экстра и регулятора роста Экосила урожайность по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ выросла на 37,1 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней увеличилась на 12,8 кг.

2. Под влиянием Экосила по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ содержание крахмала возрастало на 0,7%, Басфолиара 36 экстра – на 1,0%, а выход крахмала – на 3,5 и 6,5 ц/га соответственно. Под влиянием Витамара содержание крахмала возрастало – на 1,5%, а выход крахмала – на 7,4 ц/га. Совместная обработка этими препаратами увеличивала содержание крахмала в клубнях по сравнению с фоновым вариантом на 1,4%, а выход крахмала – на 9,6 ц/га.

3. Обработка посевов Экосилом и Басфолиаром 36 экстра по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ увеличивала прибыль на 278,2 и 691,2 \$/га и рентабельность – на 12,7 и 32,0%. Комплексное микроудобрение Витамар повышало чистый доход на 599,3 \$/га и рентабельность – на 28,1%. Совместная обработка регулятором роста Экосил и комплексным микроудобрением Басфолиар 36 экстра увеличивала чистый доход на 1029,5\$, а рентабельность – на 46,9%.

4. Наибольшая урожайность картофеля (296,1 ц/га), окупаемость 1 кг NPK урожаем клубней (43,4 кг), выход крахмала (47,9 ц/га), прибыль (1674,8 \$/га) и рентабельность (78,5%) наблюдались при сочетании внесения Басфолиара 36 экстра с Экосилом на фоне $N_{100}P_{60}K_{130}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mikkelsen, R.L. Humicmaterials for Agriculture / R.L. Mikkelsen // Better Crops. – 2005. – Vol. 89. – P. 6-10.
2. Пироговская, Г.В. Медленнодействующие удобрения / Г.В. Пироговская. – Минск, 2000. – С. 287.
3. Титов, И.Н. Гуминовые препараты из вермикомпостов и их применение при выращивании различных сельскохозяйственных культур / И.Н. Титов // Дожде-

вые черви и и плодородие почвы: первая междунар. практ. конф. – Владимир, 2002. – С. 187-188

4. Sviklas, A.M. Specialiu skystuju trasu gamybos teorija, technologija, efektyvumas / A.M Sviklas // Technologija. – Kaunas, 1993. – P. 15 – 27.

5. Калинин, Ф.Л. Регуляторы роста растений / Ф.Л. Калинин. Ю.Г. Мережинский – Киев: Наукова думка, 1964. – 405 с.

6. Деева, В.П. Регуляторы роста и урожай / В.П. Деева, З.И. Шелег. – Минск: Наука и техника, 1985. – 58 с.

7. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]; Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF COMPLEX MICRO FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS FOR GROWING POTATOES

S.G. Aliev, I.R. Vildflush

Summary

Application of growth regulator Ekosil, complex micro fertilizers Basfoliar 36 Extra and Vitamar for growing potatoes on sward-podzolic soil, in comparison with the background of $N_{100}P_{60}K_{130}$ increased the yield of tubers by 10.6 c/ha, 24.8 and 21.3 c/ha, and the output of starch – by 3.5 c/ha, 6.5, and 9.6 c/ha.

Поступила 15 апреля 2011 г.

УДК 631.461:631.445.24:631.416.2

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ

Н.А. Михайловская, И.М. Богдевич, О.В. Василевская, Т.В. Погирницкая
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Биологическое состояние почвы является одним из основных критериев оценки уровня антропогенной нагрузки. В настоящее время экологическая актуальность диагностики биологического состояния почв возрастает, в особенности на дерново-подзолистых супесчаных почвах, которые отличаются сравнительно высоким уровнем биологической активности. Наиболее значимым антропогенным фактором, влияющим на биологическую активность почв, являются удобрения. Для сохранения плодородия и поддержания биологического равновесия дерно-

во-подзолистых супесчаных почв необходимо регулировать уровень нагрузки по минеральным удобрениям, в том числе по фосфорным. Несбалансированное применение удобрений может негативно воздействовать на интенсивность и направленность биохимической трансформации органического вещества [1].

Необходимость биологического тестирования диктуется с одной стороны экологическими соображениями, чтобы оценить сбалансированность запаса элементов минерального питания в почве. С другой стороны, возрастающая стоимость фосфорных удобрений требует более строгой оценки избыточного накопления подвижных фосфатов в почве, чтобы избежать нерациональных экономических затрат. Как недостаток, так и избыток фосфора неблагоприятны для растений [2-4].

Несмотря на значимость биологических показателей в качестве критериев изменений, вызываемых антропогенной деятельностью, они практически не используются в системе экологического мониторинга почв. К настоящему времени недостаточно научной информации по влиянию обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв подвижным фосфором на ее биологическую активность [5]. Для надежной оценки необходимо проведение исследований по расширенному спектру показателей биологической активности почвы.

Цель исследований – установить влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным фосфором на ее биологический статус по следующим параметрам – микробной биомассе, дегидрогеназной, протеолитической, целлюлозолитической, инвертазной и фосфатазной активности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в многолетнем стационарном опыте на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной (Узденский район Минская область) в 2008-2010 гг. Пахотный горизонт почвы характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН (КСИ) 6,0-6,2, содержание подвижного калия (по Кирсанову) 300-350 мг/кг, гумус 2,64-2,71%, обменный кальций (СаО) 800-850 мг/кг, обменный магний (MgO) 140-150 мг/кг. В эксперименте созданы четыре уровня обеспеченности почвы подвижными формами фосфора, в период исследований содержание подвижного фосфора (P_2O_5) составило: первый уровень – 207 мг/кг, второй – 244 мг/кг, третий – 286 мг/кг и четвертый – 394 мг/кг. На каждом уровне насыщения подвижным фосфором изучены следующие варианты удобрения в четырех повторениях: Контроль (без удобрений), НК, NK_{10} , NK_{30} , NK_{60} . Дозы азотных удобрений дифференцируются в зависимости от возделываемой культуры. Доза калийных удобрений – K_{90} . Общая площадь делянок – 45 м², учетная площадь – 24 м².

Чередование культур в севообороте: кукуруза, яровая пшеница, однолетние травы на зеленую массу, озимая рожь, яровая пшеница, горох, озимое тритикале. Под кукурузу внесен навоз – 60 т/га.

В почвенных образцах определяли содержание углерода в микробной биомассе, используя фумигационно-экстракционный метод [6]. Для определения протеолитической активности применяли методику А.Ш. Галстяна, активность фермента выражали в мг глицина/кг почвы [7, стр. 95]. Целлюлазную активность оценивали аппликационным методом в модификации А.Ф. Захарченко, по убыли

массы фильтровальной бумаги (%), помещенной в почву на 14 дней [7, стр. 73-74]. Активность инвертазы определяли по методу, предложенному Т.А. Щербаковой, и выражали в мг глюкозы/кг почвы [8]. Активность фосфатазы оценивали по методу Табатабая и Бремнера (1969), активность фермента рассчитывали в мг *p*-нитрофенола (ПНФ)/кг почвы [7, стр. 137]. Для оценки дегидрогеназной активности почвы использовали модифицированный метод А.Ш. Галстяна [7, стр. 34-35], активность фермента выражали в мг трифенилформаза (ТФФ)/кг почвы. Отбор почвенных образцов для биологических исследований проводили весной до внесения удобрений [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Биологические исследования проведены на автоморфных дерново-подзолистых супесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, которые широко распространены на территории Беларуси и занимают в составе пашни 48,5%. В длительном модельном эксперименте с искусственно сформированной дифференциацией по содержанию подвижных форм фосфора в диапазоне 207-394 мг/кг (P_2O_5) получены данные по биологической активности почвы, сопоставление которых с показателями продуктивности сельскохозяйственных культур позволило определить биологически обоснованные уровни обеспеченности фосфором.

Для оценки общей численности микроорганизмов в почве определены содержание углерода в микробной биомассе ($C_{\text{биомассы}}$) и дегидрогеназная активность. Указанные показатели используются для установления общего уровня биогенности почв. Дегидрогеназная активность дает представление о живом микробном населении почвы, так как процессы дегидрирования органического субстрата происходят при участии дегидрогеназ живых клеток почвенных микроорганизмов, которые восстанавливают субстрат во время эксперимента.

Отмечено повышение численности микробных сообществ почвы по мере насыщения почвы подвижным фосфором от 207 до 286 мг/кг. Наиболее благоприятные показатели содержания углерода в микробной биомассе, в пределах 2,9-4,6 г/кг, и продуктивности сельскохозяйственных культур, 46,7-54,1 ц/га к.ед., отмечены при насыщении почвы P_2O_5 в пределах 244-286 мг/кг и внесении фосфорных удобрений в дозах P_{10} , P_{30} и P_{60} (рис. 1, 2). Насыщение подвижным фосфором до 394 мг/кг неблагоприятно воздействовало на развитие и жизнедеятельность микробных сообществ почвы, отмечено снижение их численности.

Аналогичные закономерности установлены при определении дегидрогеназной активности почвы. В соответствии с экспериментальными данными возрастание обеспеченности фосфором повышало заселенность почвы микроорганизмами, наиболее высокая биогенность отмечена при содержании фосфора в почве на уровне 286 мг/кг, повышение обеспеченности фосфором до 394 мг/кг вызывало снижение численности микробных сообществ почвы (рис. 3). На основании анализа продуктивности культур и дегидрогеназной активности почвы установлен наиболее оптимальный диапазон активности фермента – 300-350 мг ТФФ/кг, что соответствует и наиболее высокой продуктивности севооборота. Внесение P_{10} - P_{60} при содержании фосфора в почве 286 мг/кг и P_{60} при содержании фосфора 244 мг/кг поддерживает оптимальный уровень дегидрогеназной активности – 300-350 мг ТФФ/кг, и обеспечивает продуктивность севооборота 50,2-54,1 ц/га к.ед.

на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (рис. 2, 3). Насыщение почвы фосфором до 394 мг/кг угнетало развитие микробных сообществ, их численность при этом была соизмерима с биогенностью почвы с содержанием P_2O_5 на уровне 207 мг/кг.

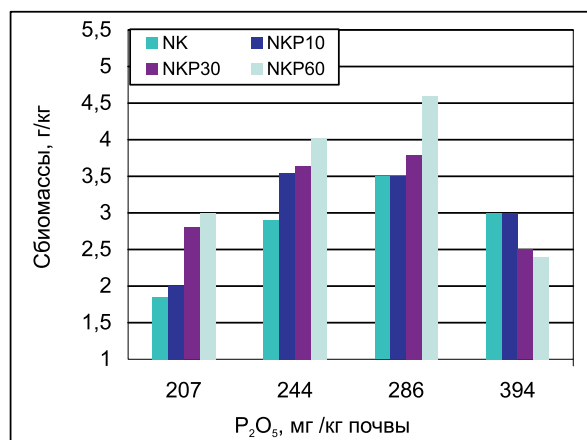


Рис. 1. $C_{\text{биомассы}}$ в дерново-подзолистой супесчаной почве с разным содержанием P_2O_5

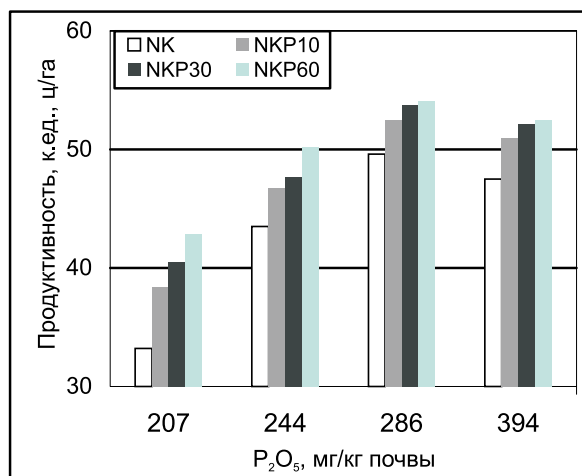


Рис. 2. Продуктивность севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве (2001-2008 гг.)

Анализ данных по микробной биомассе и по дегидрогеназной активности показывает, что содержание P_2O_5 в дерново-подзолистой супесчаной почве на уровне 394 мг/кг неблагоприятно воздействует на микробные сообщества и является избыточным. На четвертом уровне обеспеченности почвы фосфором отмечается также стабилизация или снижение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Одной из задач исследований была оценка целлюлолитической активности почвы. Целлюлазы представляют собой группу гидролитических ферментов, ко-

торые осуществляют разложение целлюлозы, составляющей около 50% сухого вещества растительных остатков и являющейся наиболее значимым полисахаридом, поступающим в почву [7, 10, 12]. В цикле углерода почвы целлюлазы играют существенную роль, так как целлюлоза представляет один из наиболее существенных источников углеродсодержащих соединений.

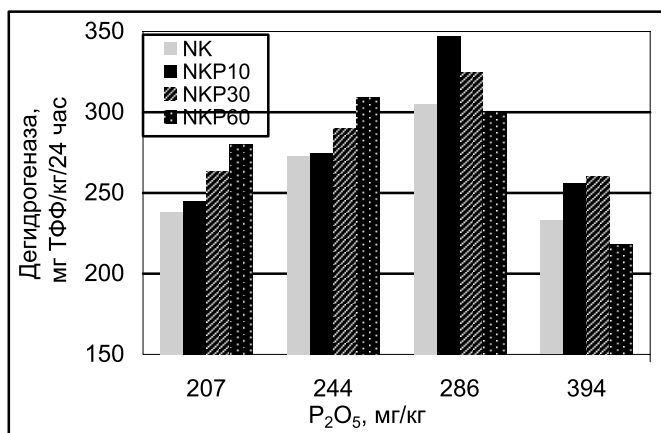


Рис. 3. Дегидрогеназная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от содержания подвижного фосфора и доз фосфорных удобрений

На рис. 4 представлены данные по активности фермента при содержании подвижного фосфора в диапазоне 207-394 мг/кг (P₂O₅) и внесении возрастающих доз фосфорных удобрений P₁₀, P₃₀ и P₆₀. Установлено, что при насыщении почвы фосфором до 244-286 мг/кг и внесении P₁₀-P₆₀ поддерживается наиболее высокий в опыте уровень активности целлюлазы – 21-33%, что соответствует наиболее высокой продуктивности севооборота – 46,7-54,1 ц/га к.ед. (рис. 2). Депрессия активности целлюлазы отмечается при содержании P₂O₅ в почве около 300 мг/кг и дозах P₃₀-P₆₀ и усиливается при содержании около 400 мг/кг подвижного фосфора (рис. 4).

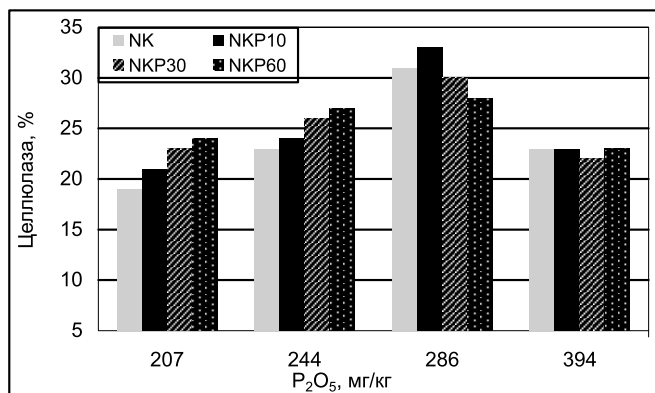


Рис. 4. Целлюлозолитическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при разной обеспеченности подвижным фосфором

Изучена зависимость инвертазной активности дерново-подзолистой супесчаной почвы от содержания подвижного фосфора. Инвертазы осуществляют гидролитическое разложение сахарозы, их активность является показателем скорости накопления глюкозы и фруктозы в почве. В цикле углерода почвы инвертазы также играют важную роль, высвобождая легко растворимые низкомолекулярные сахара, которые представляют источник питания для микроорганизмов [7, 10, 11]. Высокий уровень активности инвертаз способствует развитию микробной биомассы и поддерживает определенный уровень биогенности почвы.

Установлено, что на первом и втором уровнях при содержании фосфора 207-244 мг/кг все изученные дозы удобрений $P_{10}-P_{60}$ повышали активность инвертазы. Ее существенная депрессия отмечена на третьем уровне при содержании P_2O_5 в почве 286 мг/кг под действием дозы P_{60} фосфорных удобрений. Инвертазная активность при высокой обеспеченности почвы фосфором (394 мг/кг) сопоставима с активностью фермента на первом и втором уровнях (рис. 5).

На основании биохимических тестов и оценки их связи с продуктивностью культур установлено, что наиболее оптимальный диапазон активности инвертазы для дерново-подзолистой супесчаной почвы составляет 2425-2752 мг глюкозы/кг, который соответствует наиболее высокой продуктивности севооборота (рис. 5, 2).

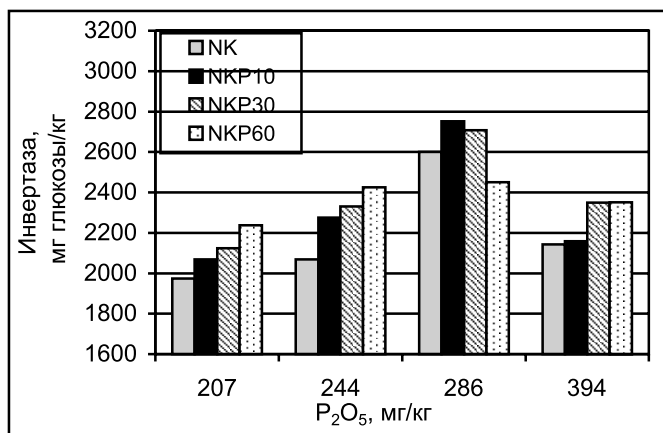


Рис. 5. Инвертазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости обеспеченности P_2O_5 и доз фосфорных удобрений

Изучена активность биохимических процессов трансформации азотсодержащих органических соединений. Известно, что основная часть азота (94-95%) представлена в почве сложными органическими соединениями. Ключевым процессом, в результате которого азот, входящий в состав белков и их производных, становится доступным для растений является аммонификация. На разных ступенях 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.

Установлено, что при повышении содержания фосфора в почве от 207 до 286 мг/кг и дозах фосфорных удобрений P_{10} , P_{30} и P_{60} наблюдается постепенное возрастание протеолитической активности почвы. Ингибирование протеолитических процессов наблюдается на уровне насыщения почвы P_2O_5 около 300 мг/кг при внесении P_{30} и P_{60} , при более высоком содержании P_2O_5 , около 400 мг/кг, отмечено снижение активности фермента (рис. 6).

Таким образом, при содержании подвижного фосфора в почве в пределах 250-300 мг/кг и внесении P_{10} - P_{60} поддерживается оптимальный уровень протеолитической активности – 75-101 мг глицина/кг в дерново-подзолистой супесчаной почве, обеспечивающий активное протекание процессов аммонификации с образованием неорганического азота. При этом отмечается высокая продуктивность севооборота (рис. 2).

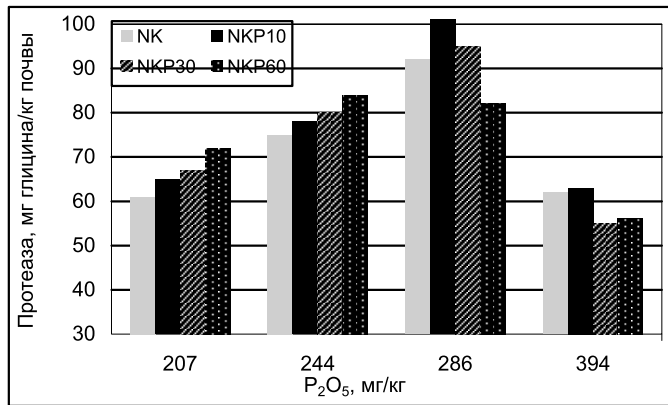


Рис. 6. Протеазная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы при разной обеспеченности P_2O_5

При оценке биологического состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы с разной обеспеченностью подвижными фосфатами целесообразно проводить определение показателей фосфатазной активности. Актуальность изучения фосфатаз обусловлена их участием в регулировании процессов гидролитического разложения моноэфиров фосфорной кислоты с высвобождением фосфат-ионов, доступных для питания растений и микроорганизмов.

Установлена зависимость фосфатазной активности от содержания подвижного фосфора в почве. Наиболее высокой в опыте фосфатазной активностью характеризуется почва с содержанием P_2O_5 на уровне 207 мг/кг. При повышении содержания подвижного фосфора до 244 и 286 мг/кг почвы фосфатазная активность снижалась, достигая минимума при наиболее высокой в опыте обеспеченности почвы фосфатами – 394 мг/кг (рис. 7). Корреляционно-регрессионный анализ также свидетельствует о тесной обратной зависимости активности фосфатазы от содержания P_2O_5 в дерново-подзолистой супесчаной почве, коэффициент детерминации составил 0,97 (рис. 8).

Внесение фосфорных удобрений в дозах P_{10} - P_{60} при содержании фосфора в почве 244 и 286 мг/кг поддерживает оптимальный уровень фосфатазной активности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы, а также обеспечивает продуктивность севооборота 50,2-54,1 ц/га к.ед. (рис. 7, 2).

На основании биохимических тестов и оценки их связи с продуктивностью культур установлено, что наиболее оптимальный диапазон активности фосфатазы для дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы составляет 70-140 мг ПНФ/кг, который соответствует наиболее высокой продуктивности севооборота.

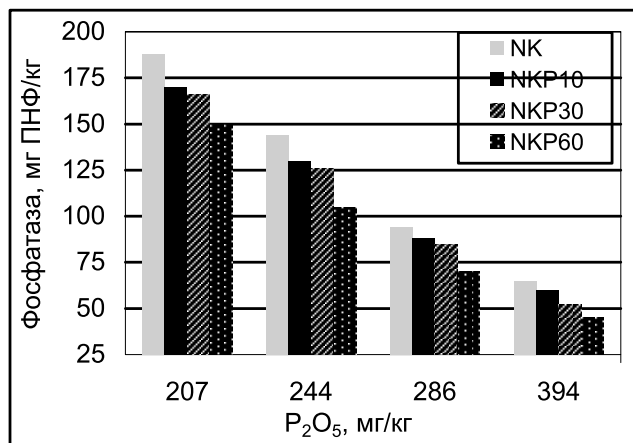


Рис. 7. Фосфатазная активность при разной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы P₂O₅

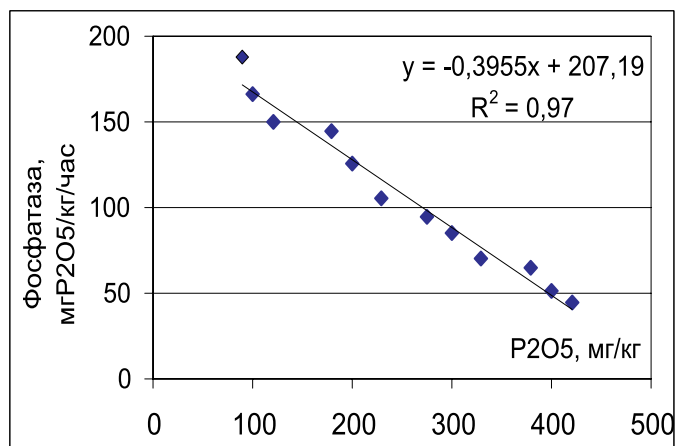


Рис. 8. Связь фосфатазной активности с уровнем обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы P₂O₅

ВЫВОДЫ

Таким образом, установлены количественные изменения микробиологического и биохимического статуса дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от содержания P₂O₅ в почве и возрастающих доз фосфорных удобрений. Насыщение почвы P₂O₅ и внесение фосфорных удобрений приводит к повышению заселенности почвы микроорганизмами, интенсификации процессов аммонификации органических азотсодержащих соединений с выделением неорганического азота,

повышению скорости минерализации целлюлозы и сахарозы в почве. Наиболее оптимальные показатели по микробной биомассе – 2,9-4,6 г/кг; дегидрогеназной активности – 300-350 мг ТФФ/кг, целлюлозолитической активности – 21-33%; инвертазной – 2425-2752 мг глюкозы/кг, протеолитической активности – 75-100 мг глицина/кг и фосфатазной активности – 70-140 мг ПНФ/кг, а также высокая продуктивность сельскохозяйственных культур – 46,7-54 ц/га к.ед. отмечаются при насыщении дерново-подзолистой супесчаной почвы фосфором в пределах 250-300 мг/кг и внесении фосфорных удобрений в дозах P_{10-60} . При содержании фосфора около 400 мг/кг и более отмечается существенное снижение биологической активности, а также стабилизация или снижение продуктивности сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Туев, Н.А. Экологические проблемы интенсивного земледелия / Н.А. Туев // Вестн. с.-х. науки. – 1988. – С. 91-95.
2. Богдевич, И.М. Фосфорные удобрения в сельском хозяйстве важны и незаменимы / И.М. Богдевич, В.В. Лапа // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №2. – С. 24-25.
3. Синягин, И.И. Превращения фосфорных и калийных удобрений в почве и повышение их усвояемости / И.И. Синягин. – М.: МСХ СССР, ВНИИНТИ. – 1969. – С. 6-24.
4. Агрохимия: учеб. издание / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1995. – 480 с.
5. Михайловская, Н.А. Влияние возрастающей обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными формами фосфора и калия на биологические показатели плодородия / Н.А. Михайловская, Г.В. Мороз // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы I съезда Белорусского общества почвоведов. – Минск-Гомель, 1995. – С. 206.
6. 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. – V.19. – P. 703-707.
7. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
8. Щербакова, Т.А. К методике определения активности инвертазы и амилазы в почве / Т.А. Щербакова // Сборник докладов по ферментам почвы. – Минск, 1968. – С. 453-455.
9. 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.
10. Звягинцев, Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: МГУ, 1987. – 256 с.
11. Карягина, Л.А. Микробиологические основы повышения плодородия почв / Л.А. Карягина. – Минск: Наука и техника, 1983. – 182 с.
12. Deng, S.P. Cellulase activity of soils / S.P. Deng, M.A. Tabatabai // Soil Biology and Biochemistry. – 1994. – V. 26. – P. 1347-1354.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL UNDER THE INFLUENCE OF PHOSPHORUS SUPPLY

N.A. Mikhailovskaya, I.M. Bogdevitch, O.V. Vasilevskaya, T.V. Pogirnitskaya

Summary

It was found that optimal parameters of soil microbial biomass, dehydrogenase, cellulase, invertase, protease and phosphatase activities as well as high crop productivity were observed under Luvisol loamy sand soil supply by mobile phosphorus in diapason of 250-300 mg kg⁻¹ and P₁₀₋₆₀ application. Excess of mobile phosphates content in soil resulted in reliable depression of soil biological activity.

Поступила 23 февраля 2011 г.

УДК 633.6:631.847

ВЛИЯНИЕ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ, ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ И ПРЕПАРАТА БИОЛИНУМ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

О.А. Ермолович

Институт льна, Витебская обл., д. Устье, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Для получения высоких урожаев льнопродукции в условиях республики необходимо применение научно-обоснованных, эффективных и экономически выгодных приемов интенсификации в технологиях возделывания льна-долгунца. Опыт указывает на необходимость более широкого применения средств защиты и новых форм биологических удобрений при возделывании льна.

Одним из решающих факторов повышения урожайности льна-долгунца и улучшения его качества является применение удобрений. Азот, как правило, играет ведущую роль в повышении урожайности этой культуры. Однако даже при небольшом избытке азота в почве ухудшается качество льнопродукции, снижается выход волокна и его качество [1].

Потенциальным резервом улучшения азотного питания льна-долгунца является применение препаратов ассоциативных diaзотрофов, активных не только в отношении биологической азотфиксации, но и способных синтезировать вещества фитогормональной природы и оказывать ростостимулирующее влияние на рост и развитие надземных органов и корневой системы, повышать устойчивость к инфекциям и неблагоприятным экологическим воздействиям [2].

Растения льна очень чувствительны к недостатку фосфора в начальный период их развития. Даже на почвах с высоким содержанием фосфатов (250-300 мг/кг почвы) растения льна не могут интенсивно усваивать фосфор из почвы. Установлено, что из вносимых в почву удобрений фосфор используется только на 12-15%. В связи с этим инокуляция растений льна биопрепаратами на осно-

ве микроорганизмов, способных к мобилизации фосфора из труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений, актуальна [3, 4].

Цель наших исследований заключалась в изучении эффективности действия азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и препарата Биолиnum на показатели полевой всхожести, динамики роста стеблей по фазам развития, сохраниваемости и выживаемости растений льна ко времени уборки урожая.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые опыты проводились на опытных полях РУП «Институт льна» в Оршанском районе Витебской области. Почва опытного участка дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на среднем лессовидном суглинке. Пахотный слой почвы имеет следующую агрохимическую характеристику: рН (KCl) – 5,2–5,3, гумус по Тюрину – 2,20–2,25%, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) – 218–228 и обменного калия (K_2O) – 220–225 мг/кг почвы.

Подготовка опытного участка и обработка почвы: после уборки предшественника внесение гербицидов сплошного действия, лущение стерни на глубину 8–10 см, вспашка на глубину 20–22 см, весной – культивация для закрытия влаги на глубину 5–7 см, внесение удобрений и заделка культиватором на глубину 8–10 см, предпосевная обработка АКШ-3,6.

Минеральные удобрения в опыте вносили общим фоном: азотные – 30 кг/га, фосфорные – 60 кг/га, калийные – 90 кг/га (д.в.).

Мероприятия по уходу за посевами проводили согласно принятым рекомендациям: обработка инсектицидами, гербицидами, фунгицидами на всех вариантах опыта, включая контроль.

Для инокуляции семян были использованы азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии, выделенные из ризопланы растений льна-долгунца (ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси»):

- ▶ ассоциативные азотфиксирующие бактерии *Enterobacter sp.* Э₁₀ (АФБ) – грамотрицательные, факультативные анаэробы, обладающие нитрогеназной активностью, продуцирующие гормоны роста;
- ▶ фосфатмобилизующие бактерии *Pseudomonas sp.* Ф₃ (ФМБ) – грамотрицательные, факультативные анаэробы, растворяющие ортофосфаты Са, продуцирующие гормоны роста;
- ▶ препарат Биолиnum – бинарный бактериальный препарат на основе ассоциативного диазотрофа *Enterobacter sp.* Э₁₀ и фосфатмобилизующего гетеротрофа *Pseudomonas sp.* Ф₃. Для инокуляции гектарной порции семян используется смесь 200 мл Биолинума + 10 л воды.

Биолиnum интенсифицирует процесс биологической фиксации азота и биологической мобилизации фосфора, позволяет снижать дозы минеральных азотных и фосфорных удобрений, повышает урожайность и устойчивость льна-долгунца к болезням, улучшает качество льнопродукции. Отличительной особенностью технологии производства биопрепарата Биолиnum является совместное глубинное культивирование *Enterobacter sp.* Э₁₀ и *Pseudomonas sp.* Ф₃ на мелассо-минеральной среде. Биолиnum – комплексный биопрепарат, содержащий искусственный консорциум эффективных штаммов ризобактерий и их метаболитов, сочетающий азотфиксирующую, ростостимулирующую и фосфатмобилизующую актив-

ности. Биопрепарат Биолиnum представляет собой однородную массу бактерий *Enterobacter sp.* Э₁₀ и *Pseudomonas sp.* Ф₃ тёмно-коричневого цвета, содержащую 5,0-6,0x10⁹ клеток/мл с характерным специфическим запахом.

При инокуляции суспензию препарата наносят на семена и тщательно перемешивают либо вручную, либо в машинах для протравливания, предварительно очищенных и отмытых от остатков ядохимикатов.

Инокулированные семена рекомендуется высевать в тот же день. При неблагоприятных погодных или производственных условиях семена можно высевать в течение 3-5 дней после обработки.

Эффективность АФБ, ФМБ и препарата Биолиnum для инокуляции семян изучали при возделывании льна-долгунца сорта Е-68. Посев льна проведен в оптимальные сроки, при физическом созревании почвы: в 2005 г. – 23 мая, 2006 – 1 мая, 2007 – 25 апреля, 2009 г. – 26 апреля. Норма посева – 22 млн. всхожих семян на гектар. Способ сева – узкорядный, ширина междурядий – 7,5 см.

В качестве протравителя использовали Витавакс 200ФФ в полной (2 л/т) и сниженной (1,4 л/т) дозах. Инкрустацию семян проводили перед посевом.

Математическую обработку экспериментальных данных проводили методами статистического анализа по Б.А. Доспехову [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При появлении полных всходов на опытном участке определяли полевую всхожесть растений льна-долгунца по учетным площадкам 0,25 м². Экспериментальные данные показывают зависимость полевой всхожести от обработки семян различными композициями бактерий и протравителей, а также от гидротермических условий вегетационного периода (табл. 1).

Вегетационный период 2007 г. характеризовался ранним наступлением весны, что позволило посеять лён 26 апреля. Однако понижение температуры воздуха в последних числах месяца и начале мая сдерживало появление всходов. Среднесуточная температура воздуха за первую декаду оказалась ниже нормы почти на 5^oС, в связи с этим появление всходов было отмечено с наступлением второй декады месяца. По всем вариантам опыта в 2007 г. была отмечена самая низкая полевая всхожесть льна-долгунца. В контроле она составила всего 47,9%, протравливание семян фунгицидом Витавакс 200ФФ в дозе 2,0 л/т с добавлением азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и препарата Биолиnum способствовало повышению данного показателя до 65,9-67,7% (табл. 1).

Гидротермические условия апреля – мая 2009 г. наиболее благоприятно влияли на качество и равномерность всходов льна-долгунца. Так, полевая всхожесть в контроле составила 78%. Применение Витавакс 200ФФ в дозе 2,0 л/т повысило этот показатель до 83,6%. В среднем по всем вариантам опыта полевая всхожесть льна-долгунца, в том числе при добавлении в инкрустационную смесь азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и биопрепарата Биолиnum, была выше, чем в 2005-2007 гг. (табл. 1).

В среднем за 4 года исследований полевая всхожесть семян льна-долгунца на контрольном варианте составила 68,1%. Протравливание семян фунгицидом в полной дозе 2,0 л/т обеспечило повышение этого показателя на 3,5%, сниженная на 30% доза фунгицида (1,4 л/т) была менее эффективной.

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

Применение АФБ, ФМБ и препарата Биолиnum со сниженной дозой протравителя (1,4 л/т) повышало полевую всхожесть на 0,4-4,3%, а в сочетании с полной дозой Витавакс 200ФФ (2,0 л/т) – на 1,3-6,3% (табл. 1).

Следует отметить положительное влияние микроорганизмов на полевую всхожесть при инокуляции семян льна-долгунца без добавления протравителя. На фоне оптимального минерального питания ($N_{30}P_{60}K_{90}$) при обработке азотфиксирующими бактериями она составила 69,9%, при обработке фосфатмобилизующими бактериями – 70,2%, бинарным препаратом Биолиnum – 74,2%. В целом полевая всхожесть по сравнению с контролем повышалась на 1,8-6,1% (табл. 1).

Таблица 1

Влияние азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и препарата Биолиnum в сочетании с фунгицидом и отдельно на полевую всхожесть семян

Вариант	Полевая всхожесть семян, %				Среднее	+/- к контролю
	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2009 г.		
$N_{30}P_{60}K_{90}$ – без обработки семян	71,4	75,0	47,9	78,0	68,1	-
Фунгицид в полной (2,0 л/т) и сниженной дозах (1,4 л/т)						
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ (2,0 л/т)	70,4	77,0	55,4	83,6	71,6	+3,5
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ (1,4 л/т)	68,4	72,0	56,4	80,6	69,4	+1,3
Фунгицид со сниженной дозой (1,4 л/т) и АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum						
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + АФБ	67,7	73,0	55,4	77,7	68,5	+0,4
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + ФМБ	66,4	66,0	70,5	81,4	71,1	+3,0
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	76,4	68,0	62,7	82,3	72,4	+4,3
Фунгицид в полной дозе (2,0 л/т) и АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum						
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + АФБ	73,2	75,5	65,9	75,5	72,5	+4,4
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + ФМБ	65,9	69,0	67,7	75,0	69,4	+1,3
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	80,9	72,0	66,3	78,6	74,4	+6,3
АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum						
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + АФБ	71,4	71,0	57,2	80,0	69,9	+1,8
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + ФМБ	69,1	72,0	60,4	79,1	70,2	+2,1
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Биолиnum	75,9	74,0	65,4	81,6	74,2	+6,1
$НСР_{05}$	6,4	3,2	7,2	3,1	-	-

АФБ – азотфиксирующие бактерии; ФМБ – фосфатмобилизующие бактерии

Изучено влияние Витавакса 200ФФ, АФБ, ФМБ и препарата Биолиnum на высоту растений льна-долгунца. В период быстрого роста высота растений в контрольном варианте составила 35,4 см. Обработка семян фунгицидом Витавакс 200ФФ в дозах 2,0 л/т и 1,4 л/т не оказала положительного эффекта на высоту растений, которая составила 35,4 и 34,3 см соответственно (табл. 2).

На фоне сниженной, на 30% дозы протравителя включение в инкрустационную смесь АФБ и ФМБ, за исключением бинарного препарата Биолиnum, также не оказало влияния на высоту растений. К началу фазы бутонизации высота растений льна-долгунца увеличилась в среднем на 23-26 см. Наиболее значительные показатели по высоте растений отмечены при обработке семян азотфиксирующими, фосфатмобилизующими бактериями и бинарным препаратом Биолиnum, а также при их применении на фоне полной дозы фунгицида. Так в контрольном варианте высота растений составила 57,6 см, а при обработке препаратом Биолиnum в комплексе с фунгицидом Витавакс 200ФФ в дозе 2,0 л/т высота растений составила 63,5 см, с ФМБ – 62,8 см, с АФБ – 63,3 см (табл. 2).

В фазу ранней жёлтой спелости растения льна-долгунца достигли максимальной высоты, в контрольном варианте она составила 72,3 см. Протравливание семян фунгицидом в дозе 2,0 л/т увеличило высоту растений на 7,2 см по отношению к контролю. Добавление в инкрустационную смесь препарата Биолиnum оказывало положительное влияние на рост растений льна, высота растений перед уборкой составила 82,9 см, прибавка высоты – 10,6 см (табл. 2).

Таблица 2

Влияние Витавакса 200ФФ, АФБ, ФМБ и препарата Биолиnum на высоту растений, см (2005-2007 г.)

Вариант	Фаза роста и развития		
	быстрый рост	бутонизация	ранняя желтая спелость
$N_{30}P_{60}K_{90}$ – без обработки семян	35,4	57,6	72,3
Фунгицид в полной (2,0 л/т) и сниженной дозах (1,4 л/т)			
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ (2,0 л/т)	35,4	60,9	79,5
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ (1,4 л/т)	34,3	60,6	75,2
Фунгицид со сниженной дозой (1,4 л/т) и АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum			
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + АФБ	35,8	61,5	75,8
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + ФМБ	36,6	62,8	78,4
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	38,1	60,0	80,5
Фунгицид в полной дозе (2,0 л/т) и АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum			
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + АФБ	36,4	63,3	81,5
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + ФМБ	36,8	62,8	82,0
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	40,0	63,5	82,9
АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum			
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + АФБ	36,3	61,9	80,1
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + ФМБ	37,8	62,0	79,5
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Биолиnum	39,5	62,5	80,8
$НСР_{05}$	1,8	2,0	3,1

При обработке семян исключительно азотфиксирующими, фосфатмобилизующими бактериями и препаратом Биолиnum без применения протравителя высота растений ко времени уборки превышала контрольный вариант на 7,2-8,5 см.

Эффективное действие микроорганизмов на рост стеблей льна подтверждается в работах других исследователей [6]. Сообщается, что под влиянием препара-

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

тов Агрофил, Экстрасол и Ризоэнтерин техническая длина стеблей льна-долгунца увеличивалась на 5-8 см.

Перед уборкой урожая были определены показатели выживаемости и сохраняемости растений льна-долгунца (табл. 3). Сохраняемость растений рассчитывали как отношение взошедших растений к числу сохранившихся ко времени уборки урожая. Показатель выживаемости льна-долгунца рассчитывали как отношение сохранившихся к уборке растений к количеству высеянных семян.

В условиях эксперимента процент сохранившихся растений был достаточно высок и находился в пределах от 88,7 до 94,9%, что на 1,2 и 7,4% выше контроля соответственно (табл. 3). Все изученные составы для предпосевной обработки семян способствовали более высокой сохраняемости растений. На контрольном варианте этот показатель составил – 87,5%.

Наиболее высокие показатели выживаемости растений льна-долгунца были отмечены на вариантах с применением Биолинума, как с уменьшенной дозой протравителя Витавакс 200ФФ (1,4 л/т) – 71,3%, так и с полной дозой фунгицида (2,0 л/т) – 73,6%. В первом случае выживаемость растений была на 5,3% выше контрольного варианта (66%), во втором – на 7,6% (табл. 3).

При использовании без фунгицида наиболее эффективными были азотфиксирующие бактерии и бинарный препарат Биолиnum, выживаемость растений при их применении составила 68% и 70,4%, а прибавки от инокуляции – 2,0% и 4,4% соответственно (табл. 3).

Таблица 3

Влияние фунгицида, азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и препарата Биолиnum на сохраняемость и выживаемость растений льна-долгунца

Вариант	Сохраняемость, %	+/- к контролю	Выживаемость, %	+/- к контролю
$N_{30}P_{60}K_{90}$ – без обработки семян	87,5	-	66,0	-
Фунгицид в полной (2,0 л/т) и сниженной дозах (1,4 л/т)				
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ (2,0 л/т)	90,0	+2,5	69,2	+3,2
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ (1,4 л/т)	88,9	+1,4	67,5	+1,5
Фунгицид со сниженной дозой (1,4 л/т) и АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum				
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + АФБ	88,7	+1,2	68,3	+1,7
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + ФМБ	89,4	+1,9	68,3	+2,3
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	90,3	+2,8	71,3	+5,3
Фунгицид в полной дозе (2,0 л/т) и АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum				
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + АФБ	91,0	+3,5	68,0	+2,0
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + ФМБ	93,1	+5,6	69,1	+3,1
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Витавакс 200ФФ + Биолиnum	94,9	+7,4	73,6	+7,6
АФБ, ФМБ и препарат Биолиnum				
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + АФБ	90,1	+2,6	68,0	+2,0
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + ФМБ	90,1	+2,6	66,2	+0,2
$N_{30}P_{60}K_{90}$ + Биолиnum	91,1	+3,6	70,4	+4,4
$НСР_{05}$	1,9	-	2,1	-

Таким образом, установлено влияние фунгицида Витавакс 200ФФ, азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих бактерий и бинарного препарата Биолиnum на полевую всхожесть, динамику роста, сохранность и выживаемость льна-долгунца сорта Е-68.

ВЫВОДЫ

Установлено, что обработка семян азотфиксирующими и фосфатмобилизирующими бактериями по действию на их полевую всхожесть сравнима с применением сниженной дозы Витавакс 200ФФ (1,4 л/т). Обработка семян бинарным препаратом Биолиnum была сравнима с действием полной дозы фунгицида.

Наибольшее положительное влияние на интенсивность роста стеблей растений льна оказывал бинарный бактериальный препарат Биолиnum в комплексе с протравителем Витавакс 200ФФ (2,0 л/т) на фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$, прибавка по высоте в фазу ранней желтой спелости составила 10,6 см по отношению к контрольному варианту.

Все изученные составы для обработки семян способствовали сохранности и выживаемости растений льна-долгунца. Применение препарата Биолиnum в комплексе с фунгицидом Витавакс 200ФФ (2,0 л/т) на фоне $N_{30}P_{60}K_{90}$ обеспечило наиболее значимый эффект, показатель сохранности и выживаемости растений льна-долгунца повышались на 7,4% и 7,6% соответственно по сравнению с контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов Е.Д. Причины отрицательного влияния повышенных доз азотных удобрений на растения льна-долгунца // Вести АН БССР. Сер. с.-х. наук. – 1982 – №1. – С. 54-61.
2. Минеральное питание и продуктивность льна-долгунца при обработке семян бактериальными препаратами / Г.А. Воробейков [и др.] // Агрохимия. – 1996. – №8-9. – С. 28-34.
3. Суховицкая, Л.А. Микробные биотехнологии в экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия // Стратегия и тактика экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия: материалы Межд. науч.-практ. конф, 1-2 июля 2004 г. / НАН Беларуси. Институт земледелия и селекции. – Минск, 2004. – Т.1. – С. 42-48.
4. Воробейков, Г.А. Минеральное питание и продуктивность льна-долгунца при обработке семян бактериальными препаратами / Г.А. Воробейков, И. А. Хмелевская, Т.К. Павлова // Агрохимия. – 1996. – №8-9. – С. 28 – 34.
5. Доспехов, Б.А.. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов.// – Москва: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
6. Кукреш, С.П. Эффективность биопрепаратов и регуляторов роста при разных уровнях минерального питания льна-долгунца: монография / С.П. Кукреш [и др.]. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 126 с.

**EFFECT OF NITROGEN-FIXING, PHOSPHATE BACTERIA
AND PREPARATION FOR BIOLINUM GROWTH
AND DEVELOPMENT OF FLAX**

O.A. Ermolovich

Summary

The article presents the results of studies of nitrogen-fixing, phosphate bacteria and binary bacterial preparation Biolinum on the growth and development of flax. The positive experimental results of their effect on field emergence, growth and development, persistence and survival of plant flax were obtained.

Поступила 17 февраля 2011 г.

УДК 633.37:631.532:631.5

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ВЫНОС С УРОЖАЕМ ЭЛЕМЕНТОВ
ПИТАНИЯ И НАКОПЛЕНИЕ В ПОЧВЕ КОРНЕВОЙ МАССЫ
ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ**

А.А. Боровик¹, В.А. Радовня², А.В. Аляпкин³

*¹Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию,
г. Жодино, Беларусь*

*²Полесский институт растениеводства, Мозырский р-он,
п. Кричицкий, Беларусь*

³Полесский филиал УО «БГСХА», Гомельская обл., г. Калинковичи, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одним из факторов существования агроэкосистемы является наличие азота. Основным источником его поступления – удобрения. Альтернативной формой его поступления могут быть посевы однолетних и многолетних бобовых трав.

Многолетние бобовые травы способны больше других культур обогащать почву органическим веществом и азотом, улучшать физические свойства почвы, в особенности структуру, а в конечном итоге – повышать плодородие. В литературе встречаются сведения, что культуры с длительным продуктивным долголетием, такие как галега, люцерна и лядвенец, являются не только высокоэффективными накопителями органического вещества и азота в почве, но и хорошими предшественниками, положительное действие которых сказывается на урожае последующих культур на протяжении 3-4 лет. При 1-2-х летнем использовании бобово-злаковых травостоев повышение содержания гумуса в почве отмечается в течение двух-трех лет, повышение содержания общего азота – один год, фосфора и калия – три-четыре года.

Согласно статистике, в республике из многолетних бобовых трав на пашне наиболее распространен клевер луговой – 173 тыс. га. Площади под люцерной за последние пять лет увеличились с 47,4 до 88,5 тыс. га. В последние годы возрос

интерес к такой высокопродуктивной и долголетней бобовой культуре, как галега восточная. В 2010 г. в республике насчитывалось 1,5 тыс. га этой культуры. Размещена она в основном на выводных полях, так как продуктивное долголетие этой культуры превышает десятилетний период.

В луговом кормопроизводстве по-прежнему единственным бобовым компонентом в бобово-злаковых травостоях является клевер луговой, продуктивное долголетие которого не превышает двух лет. В мировой практике на землях, где не удается люцерна, в качестве бобового компонента на лугопастбищных угодьях широко используется лядвенец, как неприхотливое растение к почвенно-климатическим условиям. Планируется, что в перспективе данная культура также займет достойное место в луговом травосеянии нашей республики.

Цель исследований – сравнить малораспространенные бобовые культуры (галега восточная, люцерна посевная, лядвенец рогатый) по накоплению корневой массы и элементов питания в ней, а также оценить влияние удобрений на вынос с урожаем элементов питания и накопление в почве корневой массы галеги восточной.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В наших исследованиях сравнивалась продуктивность бобовых трав, обладающих продолжительным периодом использования, галеги восточной с люцерной посевной и лядвенцем рогатым. Кроме того, определялся вынос с урожаем элементов питания и накопление корневых остатков в почве в конце периода продуктивного долголетия люцерны посевной (6 год жизни).

Опыты проводили в Полесском институте растениеводства. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 1,4 м моренным суглинком. Агрохимическая характеристика почвы: гумус (по Тюрину ГОСТ 26213-91) – 2,0%, P_2O_5 – 209, K_2O – 187 мг/кг почвы (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО ГОСТ 26207-91), кислотность почвы pH_{KCl} 5,78 (потенциометрический метод в 1-н KCl – ГОСТ 26483-85).

Объектом исследований являлись галега восточная Полесская, люцерна посевная Превосходная, лядвенец рогатый Мозырянин. Посев культур был произведен в 1997 г. (галега – широкорядно, люцерна, лядвенец – рядовым способом). Возделывание трав велось по рекомендуемым технологиям, галега скашивалась двукратно (в 2001 г. трехкратно), люцерна, лядвенец – трехкратно. На семенных посевах семена получали с первого укоса, после чего получался один укос отавы.

Учет корневых остатков проводился по методу Станкова на глубину 24 см, урожайность сухого вещества определялась путем сплошной уборки зеленой массы и определения содержания сухого вещества в ней. Отбор растительных проб для определения сухого вещества и для химического анализа по всем укосам проводился по методу пробного снопа, взятого в пяти местах по длине делянки на двух несмежных повторностях общим весом 2-2,5 кг. Определение содержания элементов питания в сухом веществе проводилось после мокрого озоления по соответствующим методикам (азот – по Кьельдалю, фосфор – колориметрически, калий – на пламенном фотометре).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях проведения опыта галега восточная и люцерна посевная характеризовались как высокопродуктивные культуры, обладающие хорошей азотфиксирующей способностью (таблица 1). Кроме того, данные культуры выносили с урожаем большое количество фосфора и калия, что подтверждает их требовательность к содержанию этих элементов в почве. В силу своих биологических особенностей лядвенец рогатый уступал этим культурам по выносу азота на 40,6-41,4%. По выносу фосфора галега и люцерна превысили лядвенец на 61,2%, калия – на 54,1-56,4%. В целом, все изучаемые бобовые культуры выносили значительное количество калия.

В наших исследованиях фосфорные и калийные удобрения вносили общим фоном $P_{60}K_{90}$. С агрохимической точки зрения такого количества фосфора недостаточно для галеги и люцерны, а калия для всех бобовых культур. Следовательно, бобовые культуры с помощью хорошо развитой корневой системы эффективно использовали почвенные запасы питательных веществ.

Таблица 1

Кормовая продуктивность многолетних бобовых трав, содержание в сухом веществе элементов питания, их вынос с урожаем и накопление в почве

Культура	Урожайность сухого вещества, ц/га	Содержание элементов питания, %			Вынос (накопление) элементов питания, кг/га		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Надземная масса*							
Галега восточная	133,0	2,97	0,73	2,57	394	97,0	341
Люцерна посевная	133,0	2,92	0,73	2,52	389	97,0	336
Лядвенец рогатый	93,5	2,79	0,72	2,63	231	60,0	218
НСР ₀₅	11,0-14,3	-	-	-	-	-	-
Корневые остатки**							
Галега восточная	136,0	2,19	0,76	1,41	298	103	192
Люцерна посевная	73,7	1,79	0,50	1,46	132	36,9	108
Лядвенец рогатый	61,8	2,23	0,50	1,17	138	30,9	72,3
НСР ₀₅	10,6	-	-	-	-	-	-

* В среднем за пять лет использования (1998-2002 гг.)

** Данные за шестой год жизни (2002 г.)

К концу шестого года жизни галега в почве оставляла наибольшее количество сухого вещества корневых остатков – 136 ц/га. После люцерны их было на 45,8%, лядвенца – на 54,6% меньше, чем после галеги. К этому периоду их продуктивность снижалась. Следует отметить, что в корнях люцерны отмечалось наименьшее содержание азота. Объясняется это тем, что в острозасушливый 2002 год с травостоя люцерны было получено три укоса. Галега и лядвенец после скашивания первого укоса отрастали поздно и медленно, и не сформировали второй полноценный укос. Работа всего фотосинтетического и симбиотического аппаратов в это время была направлена на накопление питательных веществ в корнях. Сравнительно низким было содержание калия в корневых остатках ляд-

венца. При этом следует обратить внимание, что к шестому году жизни в посевах лядвенца рогатого 57% ботанического состава занимали несеянные злаковые травы, тогда как галега и люцерна были преобладающими видами.

Немаловажное значение с практической точки зрения имеет сравнение бобовых трав в эквивалентном соотношении вносимых органических удобрений. Согласно В.Д. Паникову [1], с одной тонной подстилочного навоза КРС в почву вносится в среднем 203 кг органического вещества и около 4,5 кг азота. Расчеты показывают, что содержание органического вещества, накопившегося в почве после шестилетнего возделывания галеги, эквивалентно 66 т/га навоза, люцерны – 36 т/га, лядвенца – 29 т/га. Содержание азота в корневых остатках эквивалентно 66, 29 и 30 т/га навоза соответственно, фосфора – 45, 16 и 13 т/га, калия – 38, 22 и 15 т/га. При этом исключаются затраты на внесение навоза в почву. Таким образом, можно утверждать, что галега является высокоэффективным накопителем органического вещества и азота в почве.

На количество органической массы и элементов питания, оставляемых многолетними травами в почве, существенное влияние оказывают и технологические приемы их возделывания. Так, например, применение удобрений не только стимулирует продуктивность трав, но и увеличивает накопление корневой массы.

Полученные результаты в наших опытах показали, что содержание азота в сухом веществе семенного травостоя составило в среднем в контроле 1,85%, в вариантах с удобрениями 1,91-1,96%. Существенных различий в содержании азота от применяемых удобрений не установлено (табл. 2). Однако ежегодное внесение фосфорных и калийных удобрений увеличивало содержание азота в сухом веществе отавы на 0,20-0,33%. В значительной степени оно зависело от ботанического состава зеленой массы. В вариантах, где не применялась весенняя подкормка, увеличивалась доля несеянного злака в урожае зеленой массы с 15,3 до 81,2-86,6%. Не обнаружено влияния удобрений на содержание фосфора как в семенном травостое, так и в отаве галеги восточной. Внесение $P_{60}K_{90}$ увеличивало содержание калия в сухом веществе семенного травостоя на 0,15-0,31%, по сравнению с вариантами без внесения минеральных удобрений. При внесении $P_{30}K_{60}$ содержание калия находилось на уровне контроля. Отава галеги восточной отличалась высоким содержанием изучаемых элементов питания.

Максимальным выносом элементов питания отличался семенной травостой галеги восточной. При уборке соломы отчуждалось, согласно вариантам опытов, в 1,5-1,6 раза больше азота, чем с урожаем отавы, фосфора и калия – в 1,5-1,9 раз. При средней урожайности семян в среднем за пять лет по вариантам 2,5-3,8 ц/га, с семенами выносилось только 14,4-21,5 кг/га азота, 3,0-4,6 кг/га фосфора и 4,1-6,2 кг/га калия в год.

Вносимые минеральные удобрения в большей степени, чем навоз, увеличивали вынос элементов питания как семенным травостоем, так и урожаем отавы. Особенно это заметно по выносу азота и калия. Наибольший вынос отмечен при внесении $P_{60}K_{90}$ совместно с навозом и без него. С урожаем семенного травостоя, по сравнению с контролем, отчуждалось большее количество азота на 61-64 кг, фосфора на 13-14 кг и калия на 59-66 кг. С урожаем отавы выносилось соответственно больше азота на 42-52 кг, фосфора на 6-9 кг и калия на 29-42 кг по сравнению с контролем.

**Кормовая продуктивность галеги восточной
в семенных посевах, содержание в сухом веществе
элементов питания, их вынос с урожаем
и накопление в почве, в зависимости от удобрений**

Вариант	Сухое ве- щество, ц/га	Содержание элемен- тов питания, %			Вынос, накопление эле- ментов питания, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Солома*							
Контроль	71,7	1,85	0,59	1,39	133	42,3	100
Навоз 50 т/га	77,0	1,94	0,57	1,36	149	43,9	104
Навоз 50 т/га + P ₆₀ K ₉₀	103,0	1,91	0,53	1,54	197	54,6	159
P ₃₀ K ₆₀	91,7	1,96	0,60	1,42	180	55,0	130
P ₆₀ K ₉₀	99,7	1,95	0,56	1,66	194	55,8	166
НСР ₀₅	7,2-12,4	-	-	-	-	-	-
Отава*							
Контроль	30,6	2,71	0,77	2,48	83	23,6	76
Навоз 50 т/га	34,9	2,76	0,76	2,57	96	26,5	90
Навоз 50 т/га + P ₆₀ K ₉₀	45,4	2,98	0,72	2,60	135	32,7	118
P ₃₀ K ₆₀	37,4	3,04	0,77	2,54	114	28,8	95
P ₆₀ K ₉₀	42,1	2,96	0,70	2,50	125	29,5	105
НСР ₀₅	1,4-6,8	-	-	-	-	-	-
Корневые остатки**							
Контроль	90,7	1,73	0,58	1,05	157	52,6	95,2
Навоз 50 т/га	101,0	1,84	0,54	1,02	186	54,5	103
Навоз 50 т/га + P ₆₀ K ₉₀	144,0	2,26	0,69	1,24	325	99,4	179
P ₃₀ K ₆₀	118,0	2,15	0,75	1,22	254	88,5	144
P ₆₀ K ₉₀	132,0	2,29	0,77	1,28	302	102	169
НСР ₀₅	12,2	-	-	-	-	-	-

* В среднем за пять лет использования (1998-2002 гг.).

** Данные за шестой год жизни (2002 г.).

В итоге, с урожаем биомассы семенного травостоя и отавы галеги восточной, в контрольном варианте (без внесения удобрений), посевами потреблялось в среднем азота 230 кг/га, фосфора – 69 кг/га и калия – 180 кг/га. При применении органических, фосфорных и калийных удобрений общий вынос элементов питания увеличился на 8,7-57,2%. Следовательно, вынос фосфора и калия превышал их поступление с минеральными удобрениями. Вместе с тем, с 50 т/га навоза было внесено азота 225 кг, фосфора – 115 кг, калия – 250 кг (в расчете использованы средние показатели содержания элементов питания в подстилочном навозе по В.Д. Панникову [1]). Однако, навоз является медленнодействующим удобрением и его действие проявляется и в последующие годы.

Согласно Н.А. Сапожникову и М.Ф. Корнилову [2], длительность действия навоза на супесчаных почвах с удовлетворительным водно-воздушным режимом ощущается три года. При этом действие по годам составляет: в первый год 60%, второй – 30, третий – 10% от суммарного действия.

Как указывают В.Д. Панников и В.Г. Минеев [3], растения способны усваивать не только подвижные, но и труднодоступные формы фосфора из почвы. При этом, интенсивные культуры способны использовать 30-40% обменного калия, а на легких почвах его использование примерно на 10% выше, чем на связанных. Согласно О.Г. Ониани [4], вынос калия растениями может в 1,5-2 раза превышать содержание его в обменной форме. При нарушении равновесия в почве между обменным и необменным (фиксированным) калием, например, при потреблении обменной формы растениями, оно восстанавливается.

Таким образом, можно предположить, что галега восточная эффективно использовала почвенные запасы фосфора и калия, а азот потребляла как из почвы, так и за счет симбиотической азотфиксации.

Применение удобрений не только стимулирует продуктивность многолетних трав, но и увеличивает накопление корневой массы. В опытах И.А. Цивенко [5], на второй год пользования клеверо-тимофеечным травостоем без применения удобрений, в почве оставалось 17,0 ц/га сухого вещества корней. Применение навоза, азотных, фосфорных и калийных удобрений увеличивало корневую массу до 75,8 ц/га. По данным П.И. Никончика [6], клевер луговой на среднекультуренных дерново-подзолистых почвах без внесения фосфорных и калийных удобрений формирует 66,6 ц/га сухого вещества надземной массы, а в почве накапливается 39,5 ц/га сухого вещества растительных остатков. Применение удобрений увеличивает урожайность сухого вещества на 42,8%, накопление растительных остатков – на 32,2%.

Наши исследования также выявили существенное влияние удобрений на накопление корневой массы галеги восточной. При внесении навоза под закладку семенного травостоя, к концу вегетации шестого года жизни в пахотном слое почвы накопилось 101 ц/га сухого вещества корней, что было на уровне контроля. Максимальное количество сухого вещества корней образовалось в вариантах с внесением $P_{60}K_{90}$. В почве накопилось на 31,0-53,3 ц/га сухого вещества больше, чем в вариантах без внесения минеральных удобрений.

По мнению Н.А. Сапожникова и М.Ф. Корнилова [2], поглощающая деятельность корневой системы усиливается в результате применения удобрений, причем последние могут действовать двояко: как источник непосредственного обеспечения растений элементами питания, и как фактор, усиливающий использование растениями элементов питания самой почвы. Следовательно, в вариантах с внесением $P_{60}K_{90}$ корневая система более эффективно поглощала элементы питания из почвы, что объясняет высокий вынос с урожаем.

Таким образом, фосфорные и калийные удобрения усиливали развитие корневой системы галеги восточной, что в конечном итоге влияло на продуктивность травостоев. На шестой год жизни в корневой массе накапливалось азота 253-325кг/га, фосфора – 88,5-102 кг/га и калия –144-179 кг/га, что в 1,4-2,1 раза больше, чем без применения ежегодной подкормки.

ВЫВОДЫ

1. Изучаемые бобовые культуры требовательны к условиям питания. С их урожаем выносятся до 394 кг/га азота, 97 кг/га фосфора, 341 кг/га калия. После пяти лет использования травостоев лядвенца рогатого и люцерны посевной остается 61,8 и 73,7 ц/га корневой массы соответственно. Галега восточная в этот период сохраняет высокую продуктивность. После нее остается до 136 ц/га корневой массы, содержащей до 298 кг/га азота.

2. Галега восточная эффективно использует элементы питания из почвенных запасов. С 1 т сухого вещества соломы выносятся азота 18,5-19,6 кг, фосфора – 5,3-6,0 кг и калия – 13,6-16,6 кг, а с 1 т сухого вещества отавы 27,1-30,4 кг, 7,0-7,7 и 24,8-26,0 кг соответственно.

3. Применение навоза, фосфорных и калийных удобрений усиливает развитие корневой системы галеги восточной. К окончанию вегетационного периода шестого года жизни наибольшей массой корней отличаются варианты с внесением $P_{60}K_{90}$ совместно с навозом и без него. В них содержится азота 302-325 кг/га, фосфора – 99,4-102 кг/га и калия – 169-179 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панников, В.Д. Почвы, удобрения и урожай / В.Д. Панников. – М.: Колос, 1964. – 336 с.

2. Сапожников, Н.А. Научные основы системы удобрений в Нечерноземной полосе / Н.А. Сапожников, М.Ф.Корнилов. – Л.: Колос, 1977. – 296 с.

3. Панников, В.Д., Почва, климат, удобрение и урожай / В.Д. Панников, В.Г.Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

4. Ониани, О.Г. Агрохимия калия / О.Г. Ониани. – М.: Наука, 1981. – 200 с.

5. Цивенко, И.А. Севообороты в Нечерноземной полосе / И.А. Цивенко. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 155 с.

6. Никончик, П.И. Интенсивное использование пашни / П.И. Никончик. – Мн.: Ураджай, 1995. – 192 с.

INFLUENCE OF FERTILIZINGS ON CARRYING OUT OF NUTRIENT AND ROOT RESIDUAL ACCUMULATION IN SOIL OF GALEGA ORIENTALIS

A.A. Borovik, U.A. Radaunia, A.V. Aljapkin

Summary

In the conditions of sandy clay soils is studied fodder productivity and the root residual of fabaceous grasses – Galega orientalis, Medicago sativa, Lotus corniculatus. Productivity of dry matter Galega orientalis on the average for 5 years of use has formed 13,3 t/hectares. By VI year of life in soil there were 13,6 t/hectares of dry matter of the root residual. In the greatest mass of roots differ variants with addition $P_{60}K_{90}$ together with dung and without it. 302-325 kg/hectares of nitrogen contains in the root residual, 99,4-102 kg/hectares of phosphorus and 169-179 kg/hectares of potassium.

Поступила 15 апреля 2011 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ И МЕЛИОРАНТОВ В ПИТОМНИКОВОДСТВЕ

Г.В. Пироговская¹, С.С. Хмелевский¹, И.М. Гаранович²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение оптимального сбалансированного питания растений при выращивании саженцев в питомниках является одной из актуальных задач. Оно определяет направленность биохимических процессов, обеспечивает рост и развитие растений, устойчивость их к неблагоприятным условиям окружающей среды [1].

Для повышения выхода стандартных саженцев в питомниках одним из агротехнических приемов, является применение удобрений и мелиорантов. Особенно это актуально при выращивании саженцев в контейнерах, поскольку каждое растение в контейнере ограничено определенным объемом субстрата, поэтому исходного запаса питательных веществ для длительного выращивания саженцев может оказаться недостаточным [2].

Существенным агротехническим приемом, повышающим выход качественного посадочного материала при выращивании саженцев древесных пород, является также использование некорневых подкормок по вегетирующим растениям композиционными составами и регуляторами роста растений.

Известно, что питомниководство относится к отрасли с длительным периодом производства, когда финансовые затраты начнут приносить доходы только через несколько лет, а в случае выращивания крупномерного посадочного материала – через 10-15 лет [3].

Вместе с тем, оценка экономической эффективности применения агротехнических приемов является важнейшим критерием, определяющим рентабельность применения новых форм комплексных удобрений, мелиорантов и композиционных составов при выращивании посадочного материала древесных культур.

Цель исследований – выявить и изучить влияние новых форм удобрений, мелиорантов и композиционных составов на рост и развитие сеянцев ели колючей голубой и туи западной, определить экономическую эффективность выращивания этих культур.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

На территории Центрального ботанического сада НАН Беларуси (ЦБС) были заложены вегетационные опыты с елью колючей голубой и туей западной. Для закладки вегетационных опытов в 2006 г. с вышеуказанными культурами использовали сосуды по 3 кг, заполненные почвогрунтом (торф:песок:легкий суглинок = 1:1:2) со следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,07, содержание гумуса – 4,77%, подвижных форм P_2O_5 – 600 и K_2O – 271 мг/кг, обменных CaO – 1406 и MgO – 160 мг/кг почвы, натрия обменного – 9,5 мг/кг, водорастворимого – 9,2 мг/кг, хлора – 12,9 мг/кг, серы – 3,75 мг/кг, азота минерального – 43,2 мг/кг.

В 2007 г. саженцы туи западной были пересажены в сосуды, заполненные тем же почвогрунтом по 7 кг. В опытах в период вегетации растений оценивалось влияние агротехнических приемов на рост и развитие верхушечного и боковых побегов, корневой системы согласно методических указаний [4]. Замеры высоты сеянцев и боковых побегов проводились на момент начала исследований (по 8-ми растениям в каждом варианте) и ежегодно, а длины и массы корней и массы надземной части – в конце исследований (по оставшимся 5-7 растениям, в зависимости от вариантов опыта). Количество сосудов в каждом варианте опытов с елью колючей голубой и туей западной на начало исследований составляло 8 шт.

В качестве минеральных удобрений и мелиорантов в опыте применяли:

- ▶ смеси стандартных (азотные – карбамид, фосфорные – аммонизированный суперфосфат, калийные – хлористый калий) или комплексных без микроэлементов (базовые варианты) удобрений, новые формы комплексных бесхлорных и хлорсодержащих удобрений с добавками микроэлементов и регулятора роста растений «эпин»;

- ▶ мелиоранты на основе фосфогипса (по ТУ РБ 00203714.014-2000 «Мелиоранты на основе фосфогипса».

Закладка опытов, внесение минеральных удобрений проводили в соответствии с программой исследований и общепринятыми методами по проведению вегетационных опытов [5]. Определение значений агрохимических показателей проводили по действующим общепринятым в почвоведении и агрохимии методам исследований, соответствующим ГОСТ или ОСТ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе наблюдений выявлено положительное действие удобрений и мелиорантов на прирост сеянцев и боковых побегов ели колючей голубой (2006-2008 гг.) по сравнению с контрольным вариантом без их использования (табл. 1).

Наибольший прирост сеянцев ели колючей голубой, по сравнению со смесью стандартных удобрений (базовый вариант), обеспечили варианты с применением новых форм комплексных бесхлорных удобрений с добавками элементов Mg, Cu и B в дозах $N_{0,5}P_{0,27}K_{0,58}$ и $N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$ г/сосуд д.в., с добавками Mg, Cu, B и регулятора роста растений «эпин» ($N_{0,5}P_{0,27}K_{0,58}$) и с добавками Mg, B, Zn, Mo, Fe и регулятора роста растений «эпин» ($N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$). Прирост сеянцев ели колючей голубой на конец исследований (2008 г.) составил 24,5, 27,8, 27,6 и 24,8 см по сравнению с 2006 г.

Что касается прироста боковых побегов сеянцев ели колючей голубой, то лучшими удобрениями и дозами их внесения оказались те же комплексные бесхлорные удобрения с модифицирующими добавками, при использовании которых прирост боковых побегов ели колючей голубой составил 10,0, 11,7, 10,5, 9,7 и 8,9 см.

Известно, что качество посадочного материала определяется также и степенью развития его корневой системы, поскольку от этого зависит приживаемость растений [2]. В условиях города, в результате загрязнения почв зачастую наблюдаются угнетения ростовых процессов, как надземной части древесных растений, так и корневой системы. При этом значительно уменьшаются морфобиометрические

показатели молодых растений, подавляется рост корня в длину, изменяется также и величина его радиального прироста [6, 7]. В связи с этим, важными являются мероприятия по оптимизации минерального питания, направленные на развитие как кроны древесных насаждений, так и корневой системы [2].

Таблица 1

Влияние минеральных удобрений и мелиорантов на рост сеянцев ели колючей голубой, 2006-2008 гг.

Вариант	Доза г/сосуд д.в.	Высота сеянцев, см (среднее из 8 растений)	Высота сеянцев, см (среднее из оставшихся растений)	2008+/- к 2006 г.	Длина боковых побегов, см (среднее из оставшихся растений)
		20.05.2006 г.	7.11.2008 г.		
Контроль (без удобрений)	-	5,3	18,4	13,1	5,6
НРК (смесь стандартных удобрений) – базовый вариант	$N_{0,5} P_{0,27} K_{0,58}$	6,3	25,0	18,7	7,8
НРК с «эпином», (бесхлорное)	$N_{0,5} P_{0,27} K_{0,58}$	6,9	28,1	21,2	8,5
НРК с Mg, Cu, B (бесхлорное)	$N_{0,5} P_{0,27} K_{0,58}$	6,3	30,8	24,5	10,0
НРК с Mg, Cu, B (бесхлорное)	$N_{1,0} P_{0,54} K_{1,15}$	7,0	34,8	27,8	11,7
НРК с Mg, Cu, B (бесхлорное)	$N_{1,5} P_{0,81} K_{1,73}$	7,7	30,4	22,7	10,5
НРК с Mg, Cu, B и «эпином» (бесхлорное)	$N_{0,5} P_{0,27} K_{0,58}$	6,2	33,8	27,6	9,7
НРК с Mg, B, Mn, (бесхлорное)	$N_{1,0} P_{0,54} K_{1,15}$	5,4	27,4	22,0	7,5
НРК с Mg, B, Mn и «эпином», (бесхлорное)	$N_{1,0} P_{0,54} K_{1,15}$	6,8	26,0	19,2	7,1
НРК с Mg, B, Zn, Mo, Fe, (бесхлорное)	$N_{1,0} P_{0,54} K_{1,15}$	7,0	26,4	19,4	9,1
НРК с Mg, B, Zn, Mo, Fe и «эпином» (бесхлорное)	$N_{1,0} P_{0,54} K_{1,15}$	7,6	32,4	24,8	8,9
НРК с B (хлорсодержащее)	$N_{1,0} P_{0,75} K_{1,25}$	7,6	24,1	16,5	7,3
НРК с S, B (хлорсодержащее)	$N_{1,0} P_{0,75} K_{1,25}$	6,6	24,8	18,2	6,3
Мелиоранты					
НРК комплексное (фон)	$N_{0,5} P_{0,81} K_{2,66}$	6,9	21,7	14,8	7,5
Фон + мелиорант на основе фосфогипса (12,8 г/сосуд)	$N_{0,5} P_{0,81} K_{2,66}$	6,7	23,8	17,1	6,9
Фон + мелиорант на основе фосфогипса (25,6 г/сосуд)	$N_{0,5} P_{0,81} K_{2,66}$	6,4	23,9	17,5	7,3
НСР ₀₅	-	1,04	2,19	-	1,24

В вегетационном опыте с елью колючей голубой изучалось воздействие новых форм удобрений и мелиорантов на рост корневой системы сеянцев (табл. 2).

Установлено, что при использовании как стандартных, так и новых форм хлорсодержащих и бесхлорных удобрений и мелиорантов достигается лучшее развитие корневой системы растений по сравнению с вариантом, где эти агротехнические

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

приемы не применяли. Наиболее эффективными удобрениями были следующие: NPK с Mg, Cu и B и NPK с Mg, B, Zn, Mo, Fe и Эпином (бесхлорные) в дозе $N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$ г/сосуд д.в.; бесхлорное NPK с Mg, Cu, B и «эпином» ($N_{0,5}P_{0,27}K_{0,58}$). Длина корневой системы на конец исследований (осень 2008 г.) в этих вариантах составила 60, 61, 56 см, для сравнения в варианте со смесями стандартных туков – 51 см, контрольном (без внесения удобрений) – 44 см.

Таблица 2

Влияние минеральных удобрений и мелиорантов на рост корней ели колючей голубой, 2008 г.

Вариант	Доза г/сосуд д.в.	Корни (среднее из оставшихся растений)		Надзем- ная часть (среднее из оставшихся растений)	Соотноше- ние корни / надземная часть (сухое вещество)
		длина, см	масса, г (сух. в-во)	масса г (сух. в-во)	
Контроль (без удобрений)	-	44	10,76	9,95	1,08
NPK (смесь стандартных удоб- рений) – базовый вариант	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,58}$	51	15,69	16,50	0,95
NPK с «эпином», (бесхлор- ное)	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,58}$	52	13,74	16,85	0,82
NPK с Mg, Cu, B (бесхлор- ное)	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,58}$	49	14,34	15,74	0,91
NPK с Mg, Cu, B (бесхлор- ное)	$N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$	60	15,08	15,13	1,00
NPK с Mg, Cu, B (бесхлор- ное)	$N_{1,5}P_{0,81}K_{1,73}$	55	22,38	24,97	0,90
NPK с Mg, Cu, B и «эпином» (бесхлорное)	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,58}$	56	16,30	19,51	0,84
NPK с Mg, B, Mn,(бесхлорное)	$N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$	49	14,98	15,51	0,97
NPK с Mg, B, Mn и «эпином», (бесхлорное)	$N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$	53	17,51	17,97	0,97
NPK с Mg, B, Zn, Mo, Fe, (бесхлорное)	$N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$	51	14,16	12,36	1,15
NPK с Mg, B, Zn, Mo, Fe и «эпином» (бесхлорное)	$N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$	61	22,69	18,21	1,25
NPK с B (хлорсодержащее)	$N_{1,0}P_{0,75}K_{1,25}$	49	10,92	10,26	1,06
NPK с S, B (хлорсодержащее)	$N_{1,0}P_{0,75}K_{1,25}$	47	11,11	10,80	1,03
Мелиоранты					
NPK комплексное (фон)	$N_{0,5}P_{0,81}K_{2,66}$	51	12,07	16,89	0,71
Фон + мелиорант на основе фосфогипса (12,8 г/сосуд)	$N_{0,5}P_{0,81}K_{2,66}$	48	14,19	15,08	0,94
Фон + мелиорант на основе фосфогипса (25,6 г/сосуд)	$N_{0,5}P_{0,81}K_{2,66}$	57	11,50	11,50	1,00
HCP _{0,5}	-	4,02	0,92	1,14	-

Максимальное накопление сухого вещества (надземная часть и корни) отмечалось в варианте с применением повышенной дозы минеральных удобрений ($N_{1,5}P_{0,81}K_{1,73}$ г/сосуд).

Также было эффективно внесение мелиоранта в дозе 25,6 г/сосуд, где длина корневой системы была на уровне 57 см, а на фоновом варианте – 51 см.

Соотношение сухой массы корневой системы к надземной части ели колючей голубой находилось в пределах от 0,71 до 1,25.

При выращивании сеянцев туи западной во всех вариантах с применением удобрений и мелиорантов наблюдался больший прирост по высоте, чем в варианте без их использования (табл. 3). В зависимости от варианта опыта с удобрениями прирост растений по высоте составил 49,8-83,0 см. По данным трехлетних исследований наилучшим удобрением оказалось комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo и Fe в дозе $N_{0,3}P_{0,16}K_{0,39}$ (г/сосуд д.в.), при использовании которого прирост растений туи западной достиг 83,0 см.

Положительно себя зарекомендовало применение мелиоранта на основе фосфогипса (в дозе 12,8 г/сосуд) на фоне NPK с B, где прирост в высоту составил 80,1 см (табл. 3).

Таблица 3

Влияние минеральных удобрений и мелиорантов на рост сеянцев туи западной, 2006-2008 гг.

Варианты	Доза г/сосуд д.в.	Высота сеянцев, см (среднее из 8 растений)	Высота сеянцев, см (среднее из оставшихся растений)	2008 +/- к весне 2006 г.
		20.05.2006 г.	7.11.2008 г.	
Контроль без удобрений	-	6,4	51,3	44,9
NPK (смесь стандартных удобрений) – базовый вариант	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	5,6	65,4	59,8
NPK комплексное бесхлорное с «эпином»	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	5,4	68,1	62,7
NPK комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe	$N_{0,3}P_{0,16}K_{0,39}$	4,9	87,9	83,0
NPK комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	4,1	53,9	49,8
NPK комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe	$N_{0,7}P_{0,38}K_{0,92}$	3,5	57,5	54,0
NPK комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe и «эпином»	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	4,5	65,6	61,1
NPK комплексное хлорное с B	$N_{0,30}P_{0,23}K_{0,38}$	6,1	71,6	65,5
NPK комплексное хлорное с B	$N_{0,5}P_{0,38}K_{0,63}$	6,7	78,4	71,7
NPK комплексное хлорное с B	$N_{0,70}P_{0,53}K_{0,88}$	4,9	81,5	76,6
Мелиоранты				
NPK комплексное хлорное с B (фон)	$N_{0,5}P_{0,38}K_{0,63}$	6,7	78,4	71,7
NPK комплексное хлорное с B + мелиорантом на основе фосфогипса, 12,8 г/сосуд	$N_{0,5}P_{0,38}K_{0,63}$	8,4	88,5	80,1
HCP _{0,5}	-	1,09	3,17	-

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

В ходе наблюдений за действием новых форм удобрений и мелиорантов на рост корней туи западной установлено положительное действие применяемых, как хлорсодержащих, так и бесхлорных удобрений. Максимальное развитие корневой системы наблюдалось в варианте с использованием комплексного бесхлорного удобрения с Mg, B, Zn, Mo и Fe в дозе $N_{0,3}P_{0,16}K_{0,39}$, при этом длина корней составила 71,9 см (табл. 4).

Соотношение сухой массы коревой системы к надземной части туи западной находилось в пределах от 0,71 до 1,30.

Таблица 4

Влияние минеральных удобрений и мелиорантов на рост корней саженцев туи западной, 2008 г.

Варианты	Доза г/сосуд д.в.	Корни (среднее из оставшихся растений)		Надземная часть (среднее из оставшихся растений)	Соотношение корни / надземная часть (сухое вещество)
		длина, см	масса, г (сух. в-во)	масса, г (сух. в-во)	
Контроль без удобрений	-	56,0	32,37	36,39	1,12
НРК (смесь стандартных удобрений) – базовый вариант	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	61,3	44,96	44,39	1,01
НРК комплексное бесхлорное с «эпином»	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	66,4	75,90	81,31	0,93
НРК комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe	$N_{0,3}P_{0,16}K_{0,39}$	71,9	53,25	74,75	0,71
НРК комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	60,0	52,83	62,06	0,85
НРК комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe	$N_{0,7}P_{0,38}K_{0,92}$	64,9	51,65	58,37	0,88
НРК комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo, Fe и «эпином»	$N_{0,5}P_{0,27}K_{0,66}$	59,9	75,7	86,89	0,87
НРК комплексное хлорное с B	$N_{0,30}P_{0,23}K_{0,38}$	67,8	57,84	55,60	1,04
НРК комплексное хлорное с B	$N_{0,5}P_{0,38}K_{0,63}$	68,5	77,40	86,51	0,89
НРК комплексное хлорное с B	$N_{0,70}P_{0,53}K_{0,88}$	68,8	53,59	72,60	0,74
Мелиоранты					
НРК комплексное хлорное с B (фон)	$N_{0,5}P_{0,38}K_{0,63}$	68,5	77,40	86,51	1,12
НРК комплексное хлорное с B + мелиорантом на основе фосфогипса, 12,8 г/сосуд	$N_{0,5}P_{0,38}K_{0,63}$	67,3	89,24	117,74	1,30
НСР ₀₅	-	3,21	3,03	4,22	-

Важным показателем при выращивании саженцев в питомниках является оценка экономической эффективности применяемых приемов, в том числе и агротехнических приемов (использование минеральных удобрений, мелиорантов

и т.д.), которые влияют на рост и продуктивность, повышают качество и выход стандартных саженцев древесных культур.

Расчет экономической эффективности проведен нами на примере возделывания саженцев ели колючей голубой с учетом количества выращиваемого посадочного материала с единицы площади и времени его выращивания, стоимости семян и саженцев по действующим оптовым ценам себестоимости выращивания и реализации посадочного материала (использованы данные УП «Бровка Минскзеленстрой»).

Сравнительная экономическая эффективность применения стандартных туков (базовый вариант) и новых форм комплексных удобрений при выращивании ели голубой колючей осуществлялась согласно действующих методических указаний [8, 9].

Данные, приведенные в таблице 5, показывают, что на конец исследований, количество сохранившихся растений в вариантах с различными формами удобрений находилось в пределах от 5 до 7 растений, т.е. процент сохранившихся растений составил от 62,5 до 87,5%.

Стоимость сохранившихся растений (при пересчете на 1 га) изменялась от 574152 до 803813 тыс. руб. Затраты на приобретение и внесение удобрений изменялись в зависимости от формы комплексных удобрений с модифицирующими добавками, доз их внесения в пределах от 275551 до 1636394 тыс. руб.

Наиболее экономически оправданными формами и дозами удобрений в опыте с елью голубой колючей оказались стандартные туки в дозе $N_{40}P_{22}K_{46}$, которые обеспечили рентабельность на уровне 108% (при сохранности растений 62,5%), далее комплексное бесхлорное удобрение ($N_{40}P_{22}K_{46}$) с регулятором роста «эпин» – рентабельность 51%, комплексное бесхлорное удобрение ($N_{40}P_{22}K_{46}$) с Mg, Cu, B и «эпином» с рентабельностью 41%. Что касается применения остальных комплексных бесхлорных удобрений, то можно отметить ($N_{40}P_{22}K_{46}$) с Mg, Cu, B – рентабельность которого составляла 5% (при сохранности растений 62,5%). Более высокие дозы применения комплексных бесхлорных удобрений были нерентабельны, что объясняется более высокой их стоимостью (в 1,5-2,0 раза выше) по сравнению с хлорсодержащими.

Применения комплексных хлорсодержащих удобрений с бором, бором и серой ($N_{60}P_{45}K_{75}$) обеспечивало рентабельность 40 и 36% соответственно.

Рентабельность применения мелиорантов в дозе 2 т/га составила 15,5%, соответственно 3,5 т/га – 1,9% (при стоимости 1 т мелиоранта на основе фосфогипса равной 9550 руб.).

ВЫВОДЫ

Приведенные данные показывают, что применение агротехнических приемов (удобрений и мелиорантов) при выращивании ели колючей голубой и туи западной обеспечивало усиление роста как по высоте, так и боковых побегов, положительно влияло на общее состояние растений и их декоративность, что позволяет сделать следующие выводы:

1. В опыте с елью колючей голубой лучший результат наблюдался при внесении бесхлорного удобрения NPK с микроэлементами Mg, Cu, B в дозе $N_{1,0}P_{0,54}K_{1,15}$ д.в./сосуд, прирост по высоте составлял при этом 27,8 см, при максимальном

Таблица 5

Экономические показатели выращивания ели колючей голубой с использованием новых форм минеральных удобрений и мелиорантов, 2006-2008 гг.

Номер варианта	Доза кг/га д.в.	Количество растений в пересчете на 1 га на начало исследова- ний (2006 г.)	Количество растений в пересчете на 1 га на конец исследования (2008 г.)	Процент со- хранения шиш- ков на конец исследования	Руб./га			Рента- бель- ность, %
					Стоимость сохра- нившихся саженцев	Затраты на приоб- ретение и внесение удобрений	При- быль	
Контроль без удобрений	-	564971	353107	62,5	574152	-	-	-
НРК (смесь стандартных удобрений) – базовый вариант	$N_{40} P_{22} K_{46}$	564971	353107	62,5	574152	275551	298601	108
НРК с «эпином», (бесхлорное)	$N_{40} P_{22} K_{46}$	564971	494350	87,5	803813	530597	273216	51
НРК с Mg, Cu, В (бесхлорное)	$N_{40} P_{22} K_{46}$	564971	353107	62,5	574152	545473	28679	5
НРК с Mg, Cu, В (бесхлорное)	$N_{80} P_{43} K_{93}$	564971	494350	87,5	803813	1090933	-287120	-26
НРК с Mg, Cu, В (бесхлорное)	$N_{120} P_{65} K_{139}$	564971	494350	87,5	803813	1636394	-832581	-51
НРК с Mg, Cu, В и «эпином» (бес- хлорное)	$N_{40} P_{22} K_{46}$	564971	494350	87,5	803813	570266	233547	41
НРК с Mg, В, Mn, (бесхлорное)	$N_{80} P_{43} K_{93}$	564971	494350	87,5	803813	1081016	-277203	-26
НРК с Mg, В, Mn и «эпином», (бес- хлорное)	$N_{80} P_{43} K_{93}$	564971	353107	62,5	574152	1130602	-556450	-49
НРК с Mg, В, Zn, Mo, Fe, (бесхлор- ное)	$N_{80} P_{43} K_{93}$	564971	423728	75,0	688982	1140519	-451537	-40
НРК с Mg, В, Zn, Mo, Fe и «эпи- ном» (бесхлорное)	$N_{80} P_{43} K_{93}$	564971	423728	75,0	688982	1160354	-471372	-41
НРК с В (хлорсодержащее)	$N_{80} P_{60} K_{100}$	564971	423728	75,0	688982	493567	195415	40
НРК с S, В (хлорсодержащее)	$N_{80} P_{60} K_{100}$	564971	423728	75,0	688982	507758	181224	36
Мелиоранты								
НРК (фон)	$N_{40} P_{65} K_{213}$	564971	423728	75,0	688982	572461	116521	-
Фон + мелиорант (2 т/га)	$N_{40} P_{65} K_{213}$	564971	494350	87,5	803813	695961	107852	15,5
Фон + мелиорант (3,5 т/га)	$N_{40} P_{65} K_{213}$	564971	494350	87,5	803813	788586	15227	1,9

приросте боковых побегов 11,7 см, корневой системы – 60 см. В опыте с туей западной положительно зарекомендовало себя комплексное бесхлорное с Mg, B, Zn, Mo и Fe в дозе $N_{0,3}P_{0,16}K_{0,39}$ (г/сосуд д.в.), при использовании которого прирост по высоте составил 83,0 см, а корневой системы – 71,9 см.

2. Наиболее экономически оправданными формами и дозами удобрений в опыте с елью колючей голубой были стандартные туки в дозе $N_{40}P_{22}K_{46}$, которые обеспечили рентабельность на уровне 108% (при сохранности растений 62,5%), далее комплексное бесхлорное удобрение в дозе $N_{40}P_{22}K_{46}$ с регулятором роста «эпин» – рентабельность 51%, комплексное бесхлорное удобрение ($N_{40}P_{22}K_{46}$) с Mg, Cu, B и «эпином» с рентабельностью 41% (при сохранности 87,5%). Рентабельными оказались также комплексные хлорсодержащие с бором, бором и серой ($N_{60}P_{45}K_{75}$) с рентабельностью 40 и 36% при сохранности растений 75%.

3. Применение мелиоранта на основе фосфогипса в дозах из расчета 2,0-3,5 т/га обеспечивало увеличение прироста сеянцев в высоту и корневой системы. Наиболее эффективным было применение мелиоранта в дозе 2 т/га с рентабельностью 15,5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Копытков, В.В. Методы оптимизации почвенно-экологических условий в лесных питомниках Беларуси / В.В. Копытков, Е.В. Жумигин, В.В. Копытков / Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. Выпуск 65. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2006. – С. 104-111.

2. 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.

3. Дашкевич, Е.А. Экономика и организация садово-паркового строительства и хозяйства: пособие для студентов специальности 1-74 02 01 “Садово-парковое строительство” / Е.А. Дашкевич. – Минск: БГТУ, 2008. – 280 с.

4. Смирнов, В.В. Методика изучения прироста древесных растений / В.В. Смирнов, А.А. Молчанов; под ред. В.В. Смирнова. – М.: Наука, 1967. – 90 с.

5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Москва: Колос, 1973. – 336 с.

6. Приседский, Ю.Г. Влияние загрязнения почвы кадмием на ростовые процессы проростков древесных и кустарниковых растений / Ю.Г. Приседский, С.А. Карась // Устойчивость растений к стрессовым условиям. – Донецк: Донецкий ун-т, 1991. – С. 80-81.

7. Юсыпина Т. Ростовые характеристики корней самосева древесных пород в условиях промышленного загрязнения SO_2 и NO_2 / Salaš, P.: Proceedings of 9th international conference of horticulture, september 3th – 6th 2001 lednice, Czech Republic, V. 3 – p. 680-684.

8. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М. [и др.]. – Минск, 2010. – 24 с.

9. Методические рекомендации по оценке эффективности использования в лесном хозяйстве результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ: научно-техническая информация в лесном хозяйстве. Вып. 6. – Минск: РУП “Белгипролес”, 2005. – 48 с.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF NEW FORMS OF FERTILIZERS AND AMELIORATORS IN HATCHERY

G.V. Pirogovskaja, S.S. Hmelevskij, I.M. Garanovith

Summary

Data about influence of new forms of fertilizers and ameliorators on growth of an elevated part and root system seedling are cited fur-trees prickly blue and thujas western at cultivation in containers, economic efficiency of the given agrotechnical receptions is specified.

Поступила 29 марта 2011 г.

УДК 635.64:631.589

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОПРОДУКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТОВ В МАЛООБЪЕМНОЙ КУЛЬТУРЕ

Л.С. Герасимович¹, Л.А. Веремейчик², О.И. Пилипец²

*¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

²Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Овощеводство призвано удовлетворять потребности населения в свежей диетической продукции. Овощи – исключительно ценные продукты питания, в них содержатся незаменимые для организма человека витамины, кислоты, белки и другие минеральные вещества. Для Беларуси, где после аварии на Чернобыльской АЭС значительная часть населения испытывает негативное воздействие радиации, очень важна уникальная способность многих овощных культур, выводить из организма радионуклиды и тяжелые металлы. В соответствии с научно-обоснованными нормами потребления, отрасль должна производить не менее 10 кг тепличных овощей на душу населения. Пока что в целом по республике в 2010 г. произведено чуть больше 8 кг [1].

Тепличное овощеводство Беларуси с 90-х годов прошлого столетия переходит на повсеместное освоение современных технологий выращивания овощей в малообъемной культуре с преимущественным использованием импортного оборудования. Применение малообъемной технологии, при которой питание растений, состояние микроклимата в теплицах максимально автоматизированы, позволяет получать высокую экономическую эффективность. Повышение урожайности в 2-3 и более раз, значительная экономия энергии (30-40%), значительное уменьшение объема корнеобитаемой среды (субстрата) обеспечило широкое ее распространение в мире и в том числе в Республике Беларусь [2].

В настоящее время в Беларуси площадь крупных современных зимних теплиц составляет 210,4 га. Тепличные предприятия республики за 2010 г. произвели

102,3 тыс. т овощей защищенного грунта, или 133,4% к плану по программе “Овощеводство” и 100,2% к уровню 2009 года. Средняя урожайность огурцов и томатов в целом по республике по итогам 2010 г. составила 43,8 кг/м², что на 2,1% больше уровня 2009 г. [3, 4].

Тепличное овощеводство – одна из наиболее наукоемких и высокотехнологических отраслей современного аграрного овощеводства. Эта отрасль является сложной управляемой эргатической (человеко-машинной) биотехнической системой. Стремление к уменьшению неуправляемых параметров в технологии выращивания овощей необходимо для снижения всех издержек производства, повышения урожайности и качества овощей. Это становится главной системной задачей, комплексной целевой функцией тепличного овощеводства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в производственных условиях возделывания томатов гибрида Жеронимо по освоенной на комбинате автоматизированной малообъемной технологии управления биопродукционным процессом (БПП) на базе агрокомбината «Ждановичи» (отделение «Богатырево») в 2009-2010 гг. Общая площадь блочной теплицы 1 га (9234 м² полезной площади). Здесь применяется технологическое оборудование фирмы «Агротех-Дидам» и компьютерная система автоматизированного управления БПП фирмы «Priva Hortimation B.V.» (обе фирмы – голландские), в качестве субстратов используется импортная минеральная вата.

Питательные растворы подаются через систему капельного полива с компьютерным управлением питания растений томата. Состав питательного раствора меняется в зависимости от фазы роста и развития растений, условий освещенности. Работа системы капельного полива и подача раствора к растениям осуществляется при помощи системы микропроцессорного управления с центральной станции на базе ПЭВМ. По заданной программе растворный узел, работающий в автоматическом режиме, готовит и подает в теплицу питательный раствор с растворенными минеральными удобрениями или подогретую воду, последовательно включая электромагнитные клапаны групповой системы полива. Через систему компенсированных капельниц вода или раствор поступает непосредственно в минеральный субстрат к корневой системе растения. Управление светокulturой выполняется автоматически: искусственное досвечивание растений подключается при фитосинтетической освещенности растений, опускающейся ниже 500 Вт/м² полезной площади теплицы. При этом на центральном компьютере фиксируется учет расхода питательного раствора, воды и потребления тепловой и электрической энергии.

Применительно к отрасли тепличного овощеводства как сложно-системного объекта управления – задача энерго- и ресурсосбережения, тесно связана с эффективностью биопродукционных процессов (БПП) растений овощных культур как биологических объектов труда. Главной подсистемой является биологический объект труда – растение томата и его полезные органы – плоды. Ресурсоэффективное управление внешней средой растений является одной из целей БПП автоматизированного тепличного овощеводства.

Такое представление растения как системы открывает целенаправленный системный анализ биопродукционных, технико-технологических и ресурсо-экономических особенностей тепличного овощеводства. Поэтому весьма актуальными

являются исследования по оптимизации процессов выращивания овощей, возделываемых в малообъемной культуре с эффективным использованием систем автоматизированного управления биотехнической системой.

Используемая АСУ БПП включает следующие основные подсистемы контроля и управления: 1 – отопления и вентиляции (трубы регистров отопления, сетевые насосы, вентиляторы, форточки, экраны); 2 – электрические фитолампы для досвечивания растений; 3 – циркуляции, увлажнения воздуха и его обогащения углекислым газом; 4 – теплоснабжения (тепловые котлы и когенерационные установки); 5 – приготовления поливочного раствора с минеральными удобрениями; 6 – капельного полива растений; 7 – ультрафиолетовая дезинфекция дренажного раствора и др.

Каждая из этих систем имеет ряд установочных показателей и их регулировок, а общее их количество достигает многих десятков. Для определения отдельных показателей используются данные первичных преобразователей – датчиков (температуры, влажности и состава воздуха в теплице, температуры растений, температуры теплоносителя, тензиометры, рН и ЕС раствора и дренажа и т.д.). Другие установочные показатели подлежат автоматизированному расчету с использованием усредненных математических моделей, заложенных в программном обеспечении (например, суммарная освещенность растений, температура частей растений и др.), что существенно усложняет процессы оперативного управления БПП в теплице.

С точки зрения теории автоматического управления такие системы относятся к контекстно-независимым цифровым гибридным конечным автоматам, а их настройка во многом зависит от конкретных свойств нестационарных объектов управления – растений и опыта операторов и технологов. Изменчивость и адаптивность характеристик растений в зависимости от сорта (гибрида) овощной культуры, фитопериода выращивания, используемых минеральных удобрений и технологии ухода требует от оператора (агронома) значительного опыта, обеспечивающего эффективное управление БПП. Для быстрого освоения и технико-технологического сопровождения такой АСУ, привлекаются, как правило, специалисты дилерских фирм разработчиков и наладчиков программного обеспечения на договорных условиях.

Для оценки эффективности освоенной системы управления и текущего расхода основных ресурсов использовалась методика регрессионного анализа [5, 6]. За основу взяты учетные данные, фиксированные на центральном компьютере и в журналах операторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Регрессионный анализ заключается в построении и анализе статистической многофакторной модели в виде уравнения регрессии, выражающего зависимость явлений от определяющих его факторов. Основным и обязательным условием корректности применения регрессионного анализа является однородность исходной статистической совокупности. Использование таких моделей позволяет значительно расширить возможности анализа, в частности, для совершенствования технологических процессов и адаптирования урожайности овощей к рынкам сбыта продукции, что, в конечном итоге, позволяет анализировать и совершенствовать хозяйственную деятельность тепличного комбината.

В исследованиях проводили расчет существенных параметров для построения линейной и нелинейной регрессии. На протяжении всего вегетационного периода выращивания растений (начало, середина и конец вегетации) было выполнено 97 замеров текущих факторных переменных в день: расходы воды и маточного раствора для полива растений, показатель кумулятивной освещенности и урожайность томатов.

В течение вегетации значения факторных переменных (под влиянием АСУ и корректирующих действий операторов и технологов комбината) изменялись. Результаты полученных наблюдений представлены на рисунках 1, 2, 3, 4.

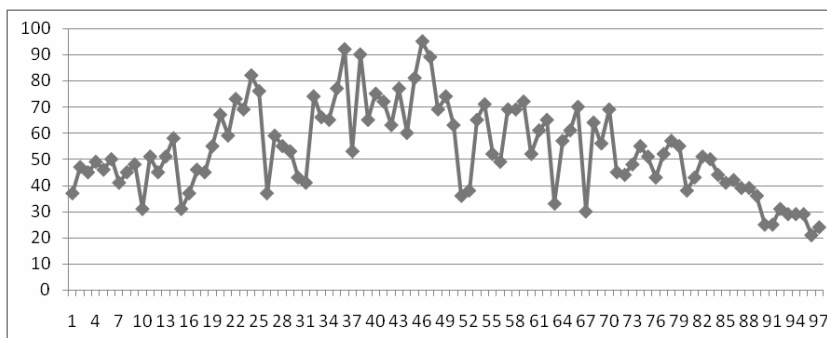


Рис. 1. Динамика расхода воды для полива растений, м³/день

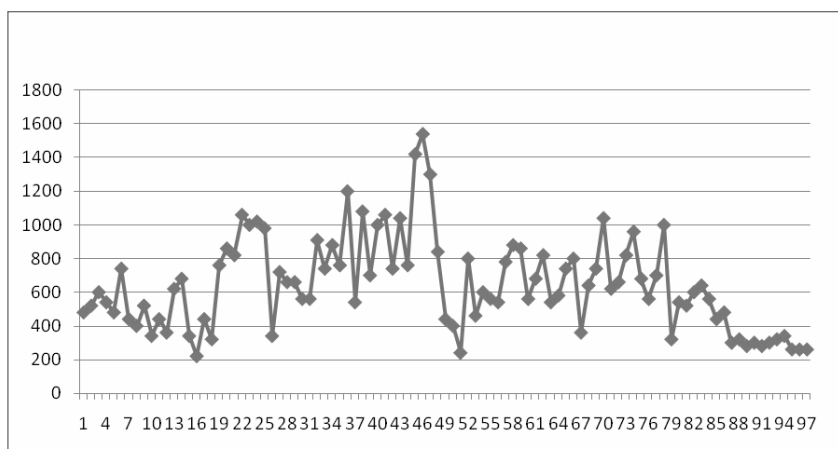


Рис. 2. Динамика расхода маточного раствора, л/день

Качественный анализ представленных временных рядов показывает достаточно большой размах статистических данных всех параметров как в краткосрочном, так и длительном (в течение сезона) периоде выращивания томатов, что характеризует имманентные особенности этой АСУ. Вместе с этим отмечено закономерное повышение расхода воды, питательного раствора, освещенности растений и, как следствие, повышение урожайности томатов в летние, наиболее благоприятные для БПП месяцы вегетационного периода выращивания растений. При этом отмечается самый большой размах суммарной кумулятивной естественной и управляемой искусственной освещенности, что можно интерпретировать

как недостаток существующей подсистемы управления светокультурой растений (низкая адаптивность этой подсистемы к меняющимся условиям естественной освещенности и другим параметрам внешней среды).

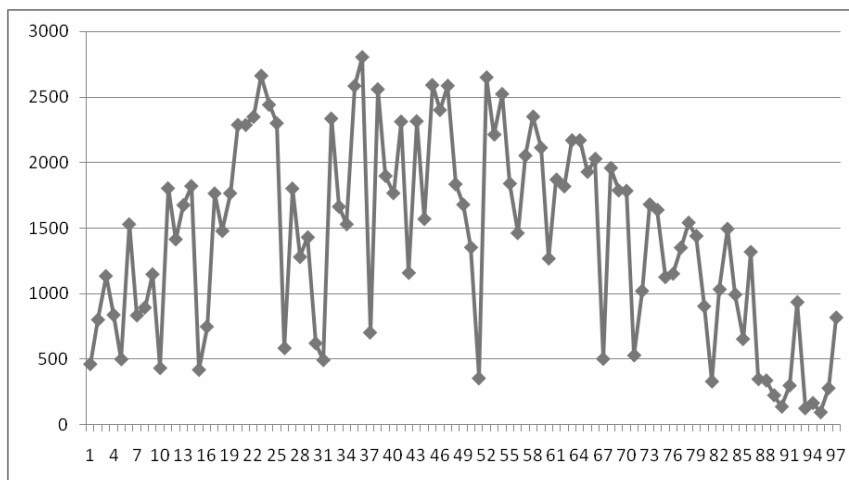


Рис. 3. Динамика суммарного кумулятивного показателя освещенности растений, Дж/день

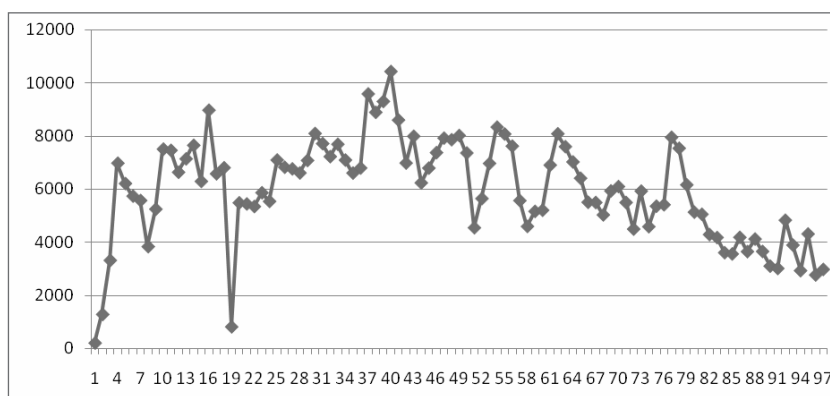


Рис. 4. Динамика урожайности овощей, кг/день

Для статистического анализа использовалась трехфакторная линейная регрессионная модель первого порядка в виде:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 \quad (1),$$

где Y – урожайность томатов; X_1 – количество воды; X_2 – маточного раствора для полива растений; X_3 – суммарная (кумулятивная) естественная освещенность и искусственное электрическое досвечивание растений.

В результате проведенного регрессионного анализа получены следующие коэффициенты уравнения линейной регрессии:

$$a_0 = 2507; a_1 = 69,3; a_2 = -1,61; a_3 = 0,47.$$

Коэффициенты регрессии показывают, насколько сильно изменяется результирующий признак Y (урожайность) при изменении каждого из факторных признаков X на единицу.

Проверка значимости значения факторных переменных по критерию Стьюдента показала, что все три фактора в модели оказывают влияние на результирующую переменную Y и их не следует исключать из модели.

Результаты регрессионного анализа t-статистиками показали, что полученные регрессионные t-статистики по модулю больше, чем полученные в тесте Стьюдента, тем самым подтверждается заключение, что все три фактора в модели оказывают влияние на результирующую переменную. Далее была проведена проверка значимости коэффициента детерминации по критерию Фишера. С этой целью вычисляли t-статистики для разных уровней значимости (0,9; 0,95; 0,99) и (97-1) степеней свободы. Затем сравнивали их с полученным в результате регрессионного анализа значением F.

Получено, что t-статистики, рассчитанные по критерию Фишера, не превышают значение F, полученное в результате регрессионного анализа. Таким образом, можно утверждать, что коэффициент детерминации статистически значим. То есть входные переменные (X) достаточно хорошо "объясняют" поведение выходной (Y), что свидетельствует о функциональной зависимости между ними.

Далее были проведены аналогичные исследования по построению нелинейной регрессии. Построена трехфакторная регрессионная модель вида:

$$\ln(Y) = a_0 + a_1 \cdot \ln(X_1) + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot \ln(X_3) \quad (2).$$

Коэффициенты уравнения регрессии имеют следующие значения:

$$a_0 = 5,5; a_1 = 0,65; a_2 = -0,0003; a_3 = 0,1.$$

Проведена проверка их значимости по критерию Стьюдента, для чего вычислены t-статистики для тех же уровней значимости (0,9; 0,95; 0,99) и (97-1) степеней свободы. Затем проведено их сравнение с полученными в результате регрессионного анализа t-статистиками. Результаты показали, что полученные регрессионные t-статистики по модулю больше, чем полученные в тесте Стьюдента. Это подтверждает, что все три фактора оказывают влияние на результирующую переменную Y и их необходимо включать в модель БПП.

Проверка значимости коэффициента детерминации по критерию Фишера проведена в следующей последовательности: вычислены t-статистики для разных уровней значимости (0,9; 0,95; 0,99) и (97-1) степеней свободы, выполнено их сравнение с полученным в результате регрессионного анализа значением F. Подтверждено, что t-статистики, рассчитанные по критерию Фишера, не превышают значение F, полученное в результате регрессионного анализа, что свидетельствует о наличии функциональной зависимости между ними. Таким образом, можно утверждать, что коэффициент детерминации статистически значим.

Далее проведено сравнение моделей линейной и нелинейной регрессии:

1. Линейная

$$Y = 2507 + 69,3 \cdot X_1 - 1,61 \cdot X_2 + 0,47 \cdot X_3 \quad (1).$$

2. Нелинейная

$$\ln(Y) = 5,5 + 0,65 \cdot \ln(X_1) - 0,003 \cdot X_2 + 0,1 \cdot \ln(X_3) \quad (2).$$

Для спецификации модели (выбора наилучшей формы функциональной зависимости) необходимо проанализировать остатки в каждой из полученных моделей. Вычисляем значения критерия Амеми для каждой модели: для 1-й модели равно 29,9930048, для 2-й – 22,939267.

Поскольку значение критерия Амеми напрямую зависит от величины необъясненных регрессией остатков, то лучше специфицированной является та модель, в которой он имеет меньшее значение. То есть 2-я модель функциональной нелинейной зависимости является более качественной.

Указанная модель может быть использована для прогнозирования величины урожайности. Она позволяет учитывать значения факторов (количество воды, маточного раствора, искусственной электрической досветки растений) для достижения нужного уровня урожайности томатов. Учет такой модели в дальнейшем позволит планировать снижение временных затрат и совершенствование технологических процессов по выращиванию тепличных овощей, что в целом позитивно отразится на хозяйственной деятельности тепличного комбината.

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного регрессионного системного анализа показали, что для управления продуктивностью тепличных овощей и инновационным развитием тепличного овощеводства в условиях Республики Беларусь следует шире использовать методологию статистического анализа, основанную на данных производственно-хозяйственной деятельности тепличных комбинатов.

2. Перспективные направления системного анализа заключаются в создании научных основ ресурсосберегающих биопродукционных процессов и обосновании применения инновационных научных разработок в АСУ отечественного тепличного овощеводства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тепличная продукция отечественного производства // Новости из Беларуси на NewsBY.org [Электронный ресурс] – 2009. – Режим доступа: <http://newsby.org/by/2009/03/01/text5441.htm>. – Дата доступа: 04.02.2011.

2. Веремейчик, Л.А. Научные основы питания томатов на минеральных субстратах: монография /Л.А. Веремейчик, Л.С. Герасимович; под ред. академика Л.С. Герасимовича – Мн.: Академия при Президенте Республики Беларусь, 2005. – 234 с.

3. Агропромышленный комплекс Беларуси // AgroBel.by [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: <http://www.agrobel.by/ru/node/25580>. – Дата доступа: 04.02.2011.

4. Новости, инвестиционные проекты, конкурсы и выставки // AgroBel.by [Электронный ресурс] 2011. Режим доступа: <http://www.agrobel.by/ru/node/26211>.

5. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия / Норман Дрейпер, Гарри Смит //Applied Regression Analysis. – 3-е изд. – М.: Диалектика, 2007. – 912 с.

6. Радченко, С.Г. Устойчивые методы оценивания статистических моделей: монография / С.Г. Радченко – К.: ПП «Санспарель», 2005. – 504 с.

REGRESSION ANALYSIS OF CONTROL SYSTEMS OF BIOPRODUCTION PROCESS OF GROWING TOMATOES IN A SMALL-VOLUME CULTURE

L.S. Gerasimovich, L.A. Veremeychik, O.I. Pilipets

Summary

The results of a statistical regression analysis of key factors: the total cumulative natural and artificial lighting, the cost of water and stock solution of mineral fertilizers, defining the current processes of biological productivity of growing tomatoes in a modern automated greenhouse complex are presented. The directions for further innovative development and improvement of process control yielding plants are discussed.

Поступила 31 мая 2011 г.

3. ДИСКУССИИ

УДК 631.452:631.4

ПЛОДОРОДИЕ И ПРОДУКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ

Т.А. Романова

Белорусское общество почвоведов, г. Минск, Беларусь

Плодородие почв является феноменом, обусловившим зарождение, развитие и в значительной степени современное состояние человеческой цивилизации. Оно считается настолько само собой разумеющимся свойством природы, что его принято рассматривать, прежде всего, как объект использования, а не специального изучения. Вместе с тем плодородие относится к числу нематериальных признаков почв, исследование которых современной наукой может обеспечить материальное благополучие любых групп населения за счет прецезионного учета жизненных ресурсов и рационального их использования.

Однако, несмотря на декларирование международными организациями экологического императива природопользования, плодородие почв остается в своей сути недостаточно познанным, о чем свидетельствуют очевидные неудачи мероприятий по «повышению плодородия почв» путем грандиозных гидромелиораций или немисливо высоких доз минеральных удобрений.

Современные достижения почвоведения и агрохимии содержат достаточное количество надежных сведений об отдельных составляющих плодородия, но отсутствие единой теоретической основы не позволяет осуществлять подлинное регулирование продукционного процесса, или хотя бы прогнозировать его последствия.

В предлагаемой статье сделана попытка предельно кратко отобразить состояние проблемы теоретического познания плодородия почв и наметить направление его реализации.

Основным объектом являются генетически разнообразные почвы гумидной зоны и, прежде всего, Беларуси, исследования которых выполнены лично или под руководством автора, а также литературные данные как конкретного, так и обобщающего характера.

Методологической основой, определившей выбор предмета исследований, является представление о почве как целостной открытой системе, обладающей способностью к самовосстановлению, и ее роли, как части более сложной системы – биогеоценоза.

Методика исследований заключается в описании общепринятых положений, характеризующих плодородие почв, и комментариев с позиций системного анализа.

Плодородие почвы – способность удовлетворять потребности растений в питательных веществах, воздухе, биотической и физико-химической среде, включая тепловой режим, и на этой основе обеспечивать урожай сельскохозяйственных культур [1]. Это свойство относится к числу эмерджентных, присущих только

системе, (в нашем случае, почве) как определенной совокупности элементов, из которых этим свойством в отдельности не обладает ни один элемент.

Такое определение подчеркивает системную природу почвы, как естественно-исторического тела, и направляет исследования ее плодородия в сторону изучения механизма взаимодействия элементов системы – факторов жизни растений и плодородия почв.

В настоящее время плодородие почвы оценивается эмпирически. Оно включает следующие категории оценок: 1) бонитировка (качественная оценка по урожайности с.-х. культур на разных почвах); 2) многофакторные, в том числе долголетние опыты по изучению влияния удобрений, обработки и других приемов агротехники; 3) разработка статичной модели оптимальной пахотной почвы и модели степени окультуренности почвы на основе агрохимических показателей.

Бонитировка, осуществляемая в Беларуси [2] на основе прямого учета урожая на разных, генетически определенных, почвах, характеризует их плодородие с помощью относительных показателей, сопоставляющих урожайность, установленную для конкретной почвы, с максимальным показателем, условно относящимся к наиболее плодородной почве, принятым за 100. Такая оценка действительно отражает плодородие почвы как эмерджентное свойство системы, но ее значение узко регионально и природа связи между урожайностью и отдельными факторами не рассматривается, а, следовательно, и прогнозирование влияния отдельных факторов на плодородие почв остается проблематичным.

Поправочные коэффициенты, вводимые для оценки климатических условий, эродированности, закустаренности, завалуненности и мелиоративного состояния почв не относятся к отдельным почвенным разновидностям, а к их сочетаниям в границах рабочих участков или других пространственных единиц, имеющих, как правило, более или менее выраженный комплексный характер почвенного покрова. При этом не учитывается, что роль климата уже отразилась в самом компонентном составе почвенного покрова и остается неясным, насколько различается биоклиматический потенциал одноименных почв в разных административных районах, для которых определены разные поправочные коэффициенты. Контурность, закустаренность, эродированность и мелиоративное состояние также являются характеристикой земель, а не почв.

Не умаляя значения этих приемов повышения качества бонитировки сельскохозяйственных земель республики, нельзя не отметить их сугубо прикладной характер и ограниченное влияние на формирование научных основ плодородия почвы.

Интерпретация для оценки плодородия почв результатов долголетних многофакторных опытов с удобрениями, благодаря огромному количеству и предметному разнообразию данных, до сих пор не достигла уровня обобщения, необходимого для формирования вклада в единую теорию плодородия, без чего абсолютное большинство полученных выводов не могут быть отнесены к категории научных знаний, и сохраняют свое значение лишь в виде артефактов с перспективой дальнейшей сертификации.

Статичная модель степени окультуренности почвы, основанная на учете значений кислотности (pH_{KCl}), содержания P_2O_5 , K_2O и общего гумуса в пахотном слое, характеризует только ее сиюминутное состояние и разработана только для шести

вариантов почв, различающихся по гранулометрическому составу, так что может считаться лишь дополнительным показателем плодородия [2].

Сопоставляя описанные приемы с определением понятия «плодородие почвы» [1], нетрудно заметить, что они, помимо общей сравнительной (относительной) оценки, сосредоточивают внимание на условиях питания растений в пахотном слое. Вместе с тем все публикуемые диаграммы зависимости урожайности отдельных культур или севооборотов в целом от применения минеральных и органических удобрений, показывают, что участие последних в продукционном процессе составляет около 50%, тогда как другая половина приходится на «почву» [3].

Что же скрывается на этих диаграммах в секторе «почва»?

Очевидно, здесь проявляются такие факторы плодородия как водно-физические свойства почвы, биотическая и климатическая составляющие почвенной среды, слабо учитываемые, или вовсе не учитываемые, в принятом суждении о способности почвы обеспечивать урожай растений. Все эти факторы закономерно связаны с генезисом почвы. Однако, кроме водно-физических, связь эта требует специального рассмотрения. Ф.Н. Реймерс в 1990 г. указывал на особую необходимость учета биотических факторов почвенной среды при оценке [4]. Кирюшин в 2010 году также отмечает недостаточное внимание к биологической составляющей почвы, как производителя урожая растений и, прежде всего, к микробиологической ее характеристике, которая, ак правило, дается в общих чертах, без достаточной степени дифференциации даже по типам почв почвоведение. Вместе с тем имеются сведения о том, что количество информации в живой и неживой природе различается больше, чем на 20 порядков. [5]. Это предполагает описание почвенной биоты в более широком понимании, включающем основные группы микроорганизмов, ферменты, свободные аминокислоты и вирусы, а также фауну беспозвоночных и позвоночных, водоросли и мелкие корешки высших растений.

Пока о биогенности (биологической активности) почвы можно судить на основании ее места в генетической классификации почв, содержании и составе гумуса, а также по некоторым интегральным показателям: дыханию, нитрифицирующей способности, целлюлозоразлагающей и азотфиксирующей активности. Здесь важно отметить, что давно известный факт полезности микроорганизмов в повышении почвенного плодородия и развития растений дополнен исследованиями последних лет, которые показали, что польза эта не только трофическая: она определяется наличием в растениях особого комплекта генов растительно-микробного взаимодействия [6, с. 486] связывающих жизнь растения и почвы.

Связь почвы и растения неизбежно приводит к выявлению ведущего фактора плодородия, как производителя урожая растений – поступления световой энергии солнца, превращающейся в процессе фотосинтеза в химическую с формированием фитомассы, обеспечивающей питанием все живое на Земле, включая и почвенную биоту.

Это существенно расширяет общее представление о почвенном плодородии и заставляет признать, что оно реализуется не только в твердофазной почве, но в более сложной системе – биогеоценозе, и что твердофазная почва входит в биогеоценоз как подсистема низшего уровня. Здесь плодородие должно рассматриваться не как свойство, но как продукционная способность типа местообитания, неотъемлемой, наиболее стабильной частью и информационным центром которой является генетически определенная почва.

Следует отметить особую роль воды в функционировании биогеоценоза, поскольку вода проявляет себя в растениях и как источник минерального питания, и как транспортное средство, и как охладитель в процессе фотосинтеза. Вода – это мера использования солнечной энергии. Количество лучистой энергии и воды, неравномерно распределяемое по земной поверхности, создает разнообразие почв с неодинаковым биоэнергетическим потенциалом, связанным с их плодородием.

Биоэнергетический потенциал позволяет установить степень предельно допустимой антропогенной нагрузки при планировании повышения урожайности растений и окультуренности почв.

Немаловажное значение имеет тот факт, что количество воды, участвующее в формировании каждой почвы и режима влажности, закодированные в генетических характеристиках, изучены достаточно подробно, а значит, могут регулироваться техническими средствами, в отличие от поступления солнечной энергии.

Приведенные краткие описания свидетельствуют о наличии корреляционной и функциональной связи между составляющими плодородия и продукционной способности почв, но об отсутствии общей теории.

«Теория – высшая форма организации научного знания, дающая целостное представление о закономерностях и существенных (структурных, функциональных, казуальных, генетических) связях определенной области описываемой действительности.... Она представляет собой дедуктивно (в большинстве случаев) построенную систему организации знания, вводящую правила логического вывода более конкретного знания (следствий) из наиболее общих для данной теории оснований» [7]. Очевидно, насущной задачей современного почвоведения и агрохимии является разработка теоретических основ плодородия и продукционной способности почв, следствием которой может быть имитационная модель [8] продукционного процесса, обеспечивающая высший уровень неистощительного использования его биоэнергетического потенциала и допустимое влияние на функционирование почвы в настоящее время и при новых достижениях селекции растений.

Нетрудно представить, что решение подобной задачи посвоему значению превосходит самые высокие технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реймерс, Н.Ф. Природопользование: справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
2. Внутрихозяйственная качественная оценка (бонитировка) почв республики Беларусь по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур: методические указания. – Минск, 1998. – 25 с.
3. Босак, В.Н. Система удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В.Н. Босак – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2003. – 176 с.
4. Кирюшин, В.И. Агрономическое почвоведение / В.И. Кирюшин. – М.: КолосС, 2010. – 687 с.
5. Информация в живой и неживой природе / В.В. Горшков [и др.] / Почвоведение. – 2002. – №3. – С. 163-169.

6. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство; под ред. В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.

7. Большой энциклопедический словарь: философия, социология, религия, эзотеризм, политэкономия / Главн. научн. ред. и сост. С.Ю. Солодовников. – Минск: МФЦП, 2002. – 105 с.

8. Моделирование динамики геосистем регионального уровня / П.М. Хомяков [и др.]. – М.: Изд. МГУ, 2000. – 382 с.

FERTILITY AND PRODUCTIVE CAPACITY OF SOILS

T.A. Romanova

Summary

Fertility – emergent properties of the soil as a system of interaction between the factors soil-formation, is realized in biogeocoenose in the form of crop production plants. It may be regarded as the productive capacity of the soil. Individual components of fertility are already known, but there is no coherent theory. It may take the form of simulation model of the production process.

Поступила 22 марта 2011 г.

ЮБИЛЕИ

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ ВИТАЛИЙ ВИТАЛЬЕВИЧ ЛАПА

*(к 60-летию со дня рождения
и 35-летию научной и творческой деятельности)*

Родился 21 июня 1951 года в деревне Сугаки Волковысского района Гродненской области. После окончания средней школы в 1967 г. поступил на агрономический факультет Гродненского сельскохозяйственного института, который с отличием окончил в 1972 г. После окончания института работал агрономом в совхозе «Кохановичи» Верхнедвинского района Витебской области, служил в Советской армии. С 1974 по 1976 гг. обучался в аспирантуре Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии под руководством члена-корреспондента АН БССР, доктора сельскохозяйственных наук, профессора С.Н. Иванова. После окончания аспирантуры с 1977 г. работал младшим научным сотрудником, затем старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией, с 1989 по 2005 г. – заместителем директора по научной работе. В 2006 г. назначен директором Института почвоведения и агрохимии.



В 1977 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, а в 1995 г. – доктора сельскохозяйственных наук. В 1997 г. Виталию Витальевичу присвоено ученое звание профессора по специальности «агрономия».

В.В. Лапа является ведущим ученым в республике в области агрохимии. Внес большой вклад в развитие вопросов сохранения и повышения плодородия почв, минерального питания растений, комплексного применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста и средств химической защиты растений, ресурсосберегающей системы применения удобрений под сельскохозяйственные культуры, повышения эффективности использования удобрений. В течение многих лет был руководителем агрохимического направления республиканской научно-технической программы «Земледелие и растениеводство», с 2006 г. является руководителем комплексных почвенно-агрохимических заданий программы «Агропромкомплекс – возрождение и развитие села» и ГППИ «Земледелие и механизация». По этим направлениям В.В. Лапа координировал работу 18 научных учреждений и Государственной агрохимической службы Республики Беларусь с 2011 г.

Под его руководством В.В. Лапы была разработана и внедрена в хозяйствах республики компьютерная система по расчету планов применения удобрений под сельскохозяйственные культуры, определена перспективная потребность и ассортимент минеральных удобрений для сельскохозяйственного производства, выполнен большой цикл работ по зональным системам применения удобрений с учетом почвенных и агрохимических факторов. Впервые в Республике Беларусь совместно с учеными медицинского профиля провел оценку качества зерна озимых и яровых зерновых культур с использованием биологических тест-объектов и предложил экологические регламенты на применение азотных удобрений в технологиях их применения.

В.В. Лапа разработал ряд новых форм комплексных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания для ряда сельскохозяйственных культур. Новизна этих удобрений защищена патентами Республики Беларусь, а на химических заводах республики освоено их производство.

На основе проведенных экспериментальных и теоретических научных исследований им разработана ресурсосберегающая система применения удобрений, основанная на принципах получения их максимальной окупаемости при условии сохранения или повышения достигнутого уровня плодородия почв. В настоящее время она широко используется для расчетов потребности в минеральных удобрениях, а также реализована в планах применения удобрений по полям севооборотов, разрабатываемых для хозяйств республики.

Виталий Витальевич внес большой вклад в совершенствование агрохимического обслуживания сельского хозяйства. За период научной деятельности им разработано и внедрено в Агрохимической службе республики более 80 рекомендаций, методик и инструкций по вопросам сохранения и повышения плодородия почв, эффективному использованию средств химизации. Он является одним из основных авторов по разработке научно-методического обеспечения и формирования в республике автоматизированного банка данных агрохимических свойств почв, в котором представлены данные крупномасштабного агрохимического обследования почв, начиная с 1980 г. Под руководством В.В. Лапы разработана и внедряется в АПК Республики Беларусь программа мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв на 2011-2015 гг.

В.В. Лапа – автор более 640 основных научных работ, в том числе 17 книг, из которых 5 монографии, 11 учебников и учебных пособий, 1 справочник, 28 патентов и авторских свидетельств Республики Беларусь. Им сформирована научная школа по ресурсосберегающим системам удобрения сельскохозяйственных культур и воспроизводству плодородия почв – одному из важнейших вопросов в агрохимии. Под его руководством подготовлены и защищены 1 докторская и 18 кандидатских диссертаций.

За успехи в труде награжден серебряной и двумя бронзовыми медалями ВДНХ СССР, Почетными грамотами ЦК ВЛКСМ, МСХ СССР, МСХП Республики Беларусь, Национальной академии наук Беларуси, ВАК Республики Беларусь. За большой вклад в развитие агрохимических исследований, внедрение их в сельскохозяйственное производство, создание научной школы и подготовку кадров высшей квалификации в 2002 г. награжден орденом Франциска Скорины. В этом же году ему была присуждена Государственная премия Республики Беларусь в области науки

и техники, в 2005 г. – премия Национальной Академии наук Республики Беларусь. В 2009 г. был избран членом-корреспондентом Национальной академии наук Беларуси. В 2011 г. Указом Президента Республики Беларусь ему было присвоено звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь».

В.В. Лапа ведет активную научно-организационную и общественную работу. С 2004 по 2006 гг. он возглавлял Экспертный совет ВАК Республики Беларусь по аграрным наукам, с 2006 г. является председателем Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций по специальностям «агрохимия» и «агропочвоведение и агрофизика». В настоящее время входит в состав Научного совета Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, координационного совета по приоритетному направлению научно-технической деятельности «Экология и рациональное природопользование». Является главным редактором журнала «Почвоведение и агрохимия», издаваемого Институтом почвоведения и агрохимии, членом редколлегии журналов «Вести НАН Беларуси» (серия аграрных наук), «Земляробства і ахова раслін», «Природные ресурсы», «Проблемы агрохимии и экологии» (Москва), журнала Литовской академии аграрных наук «Zemes ukio mokslai» («Agriculture sciences»).

Виталию Витальевичу всегда удается оставаться чутким, добрым, скромным и интеллигентным человеком, но вместе с тем требовательным руководителем.

Полагаю, что 60-летний рубеж В.В. Лапы станет новым этапом творческого роста и еще более значимых научных результатов в развитии аграрной науки. Желаю ему больших успехов в этом нелегком, но очень важном деле!

Заместитель директора по научной работе,
кандидат сельскохозяйственных наук

А.Ф. Черныш

РЕФЕРАТЫ

1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.47

Черныш А.Ф., Качков Ю.П., Башкинцева О.Ф., Давыдик Е.Е., Панасюк О.Ю. Почвенно-экологическое микрорайонирование – необходимое звено в системе почвенного районирования // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 7.

В статье обосновывается целесообразность и необходимость введения в систему почвенного районирования таксономической единицы почвенный (почвенно-экологический) микрорайон. На территории ключевых административных районов, характеризующих природные условия Белорусского Поозерья, Центральной Беларуси, Белорусского Полесья, выделено по 7-11 микрорайонов. Они различаются составом почвенного покрова, агроэкологическими характеристиками, величиной природно-ресурсного потенциала, функциональным предназначением.

Табл. Библиогр. 9.

УДК 631.42

Шибут Л.И., Цытрон Г.С., Калюк В.А. Учет неоднородности почвенного покрова при кадастровой оценке земель в Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 21.

В статье представлена методика учета неоднородности почвенного покрова при проведении кадастровых землеоценочных работ в Беларуси. Неоднородность учитывается посредством введения поправочного коэффициента к баллу почв рабочего участка, установленного по шкале оценочных баллов. Коэффициенты дифференцированы в зависимости от степени неоднородности (10 групп) и сельскохозяйственных культур (2 группы).

Табл. 3. Рис. 1. Библиогр. 13.

УДК 631.48:543.42.062

Цытрон Г.С., Бубнова Т.В., Дробыш С.В., Горбачева Е.В. Использование показателей спектральной отражательной способности дерново-подзолистых почв в диагностике степени их антропогенной трансформации // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 29.

В статье представлены результаты исследований спектральной отражательной способности агродерново-подзолистых легкосуглинистых почв разной степени окультуренности и агрозема культурного легкосуглинистого. Показано диагностическое значение величины спектрофотометрических коэффициентов и расположение спектральных кривых для определения степени окультуренности исследуемых почв.

Табл. 1. Рис. 4. Библиогр. 8.

УДК 631.8:631.4

Цандур Н.А., Друзьяк В.В., Бурыкина С.И. Сидеральные пары степи Украины // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 37.

Использование сидеральных паров (с посевом вики озимой), обеспечивает за ротацию севооборота увеличение содержания гумуса на 0,13% в сравнении с черным паром без навоза и снижение производственных затрат на 844 грн./га, топлива – на 103,3 кг, труда – 7,7 чел./ч, а уровень рентабельности производства зерна возрастает почти в 1,9 раз.

Табл. 11. Библиогр. 7.

УДК 528.77:521.311.21

Горбачёва Е.Н. Автоматизированное дешифрирование почв, подверженных водно-эрозионным процессам // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 46.

В статье изложены основные результаты исследования спектральной отражательной способности пахотного горизонта дерново-подзолистых почв различных степеней деградации, проведенных на ключевом участке «Щемыслица». Изучено влияние различных свойств почв на их спектральную отражающую способность. Предлагается способ автоматизированного дешифрирования дерново-подзолистых почв различных степеней деградации с использованием мультиспектральных снимков высокого разрешения.

Табл. 2. Рис. 6. Библиогр. 5.

УДК 631.4:631.61:633.2.03

Веренич А.Ф., Тыновец С.В., Рышкель О.С. Почвенные режимы агроэкосистемы пойменного луга // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 55.

В статье представлены данные исследований за 2001-2005 гг., где проанализированы изменения агрохимических показателей пойменной торфяной почвы. В результате установлено, что на формирование почвенного поглощающего комплекса оказывают влияние следующие факторы: время и уровень увлажнения почвы, внесение удобрений, периодичность затопления и практически не влияет видовой состав высеваемой травосмеси при всех режимах поемности.

Табл. 4. Библиогр. 7.

УДК 631.445

Романова Т.А., Ефимова И.А., Ивахненко Н.Н., Капилевич Ж.А. Парадоксы полугидроморфных почв // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 62.

К числу парадоксальных особенностей дерново-подзолистых заболоченных (полугидроморфных) почв следует отнести: на дерново-подзолистых слабogleватых и глееватых почвах, используемых в естественном состоянии, снижение урожайности обусловлено недостатком влаги в летний период; на песчаных рав-

нинах с преобладанием дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных почв движение почвенно-грунтовых вод осуществляется от более увлажненных почв к менее увлажненным; на мелиоративных объектах, с почвенным покровом, включающим участие минеральных почв, в последних имеет место наиболее сильное падение уровня почвенно-грунтовых и грунтовых вод; влияние осушителей на прилегающие территории определяется количеством воды, поступающей с водосбора.

Табл. 3. Рис. 2. Библиогр. 12.

УДК 631.6:631.445

Семененко Н.Н. Влияние способов длительного сельскохозяйственного использования торфяных почв на трансформацию фракционного состава фосфатов // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 70.

Приведены результаты исследований по изучению влияния способов длительного (50 лет) сельскохозяйственного использования торфяных почв на трансформацию запасов и структуры фракционного состава фосфатов. Установлено, что запасы валовой формы фосфатов в слое 0-40 см почвы под травами в 3,4 и культурами севооборота – 4,0 раза и на 7% – под пропашными увеличились в сравнении с заповедником. Увеличились также запасы всех фракций фосфатов при разных способах использования почвы. При этом в составе фосфатов снижается доленое участие органических и соответственно повышается удельный вес минеральных, особенно доступных растениям соединений, фосфатный фонд становится более «рыхлым».

Табл. 4. Рис. 1. Библиогр. 24.

УДК 631.51:546.36:631.445.2

Цыбулько Н.Н., Ермоленко А.В. Влияние систем обработки дерново-подзолистых автоморфной и полугидроморфной супесчаных почв на поступление ^{137}Cs в растения // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 79.

На дерново-подзолистой супесчаной почве разного увлажнения изучено влияние систем обработки почвы, различающихся по способу, глубине и интенсивности воздействия на обрабатываемый слой, на параметры биологической доступности ^{137}Cs . Установлено, что влияние обработки почвы и степени гидроморфизма почвы на переход ^{137}Cs в зерно возделываемых культур примерно одинаковое. Замена традиционной отвальной вспашки системой поверхностной дисковой обработки почвы способствует увеличению поступления ^{137}Cs в продукцию (зерно). Системы безотвальной чизельной и минимальной обработок не приводят к существенному повышению перехода радионуклида в растения.

В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на загрязненных ^{37}Cs супесчаных почвах для снижения энергетических затрат возможно комбинирование способов и приемов обработки почвы с заменой отвальной вспашки, безотвальной чизельной и минимальной обработками.

Табл. 1. Рис. 4. Библиогр. 11.

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.8:631.582:631.445

Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Ломонос М.М. Грачева А.А., Бачище А.В. Продуктивность зернотравяного севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы при применении различных систем удобрения // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 89.

При применении различных систем удобрения сельскохозяйственных культур в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь с подсевом клевера–клевер луговой – озимое тритикале в условиях окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы наиболее эффективной является органо-минеральная система удобрения, включающая применение фосфорных и калийных удобрений ($P_{40}K_{80}$) из расчета 100% компенсации выноса P_2O_5 и K_2O и внесение 84 кг азотных удобрений в три срока на фоне 8 т/га органических удобрений, при которой обеспечивается продуктивность севооборота 95,9 ц/га к.ед. Однако плодородие почвы при этом ухудшилось: кислотность почвы повысилась на 0,33 ед., содержание подвижных фосфора и калия снизилось на 23 и 44 мг/кг почвы соответственно.

Табл. 6. Рис. 1. Библиогр. 10.

УДК 631.582:631.874

Лапа В.В., Ульянов В.И., Серая Т.М., Гончаревич Т.В., Кобринец С.Н. Влияние различного использования зеленой массы редьки масличной, соломы, минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 104.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве изучено действие и последствие заправки соломы, сидерата, пожнивно-корневых остатков редьки масличной и минеральных удобрений на продуктивность культур звена севооборота.

Установлено, что заправка 14,8-17,1 ц/га сухого вещества зелёной массы редьки масличной и 4,7-5,2 т/га соломы озимой ржи не обеспечила положительный баланс гумуса в звене севооборота: картофель, ячмень, озимая рожь. Однако выявлена положительная роль соломы в уменьшении потерь гумуса: при заправке сидерата без соломы содержание гумуса за три года в среднем снизилось на 0,10%, на фоне соломы – на 0,05-0,07%.

Табл. 6. Библиогр. 7.

УДК 633.11:631.438:631.445.2

Таврыкина О.М., Богдевич И.М., Путятин Ю.В. Вынос радионуклида ^{90}Sr сортами озимой и яровой пшеницы, возделываемой на загрязненной радионуклидами дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 115.

Приводятся данные по урожайности сортов озимой и яровой пшеницы, удельной активности радионуклида ^{90}Sr в основной и побочной продукции, выносу ^{90}Sr и Са. Дается оценка районированных и перспективных сортов пшеницы при возделывании их на загрязненных радионуклидом ^{90}Sr территориях с точки зрения снижения индивидуальной и коллективной доз облучения населения.

Табл. 2. Рис. 1. Библиогр. 14.

УДК 633.112.9:631.8:631.445.2

Лапа В.В., Кулеш О.Г., Ломонос М.М., Лопух М.С. Урожайность и качество зерна озимого тритикале в зависимости от системы удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 124.

Приведены результаты исследований по изучению влияния различных систем удобрения на урожайность и качество зерна озимого тритикале. Установлено, что внесение фосфорных и калийных удобрений ($\text{P}_{60}\text{K}_{120}$) осенью под предпосевную культивацию и подкормки азотом (N_{90} во время возобновления весенней вегетации и N_{30} в стадию первого узла) на фоне последствия 40 т/га навоза КРС явилось наиболее эффективной системой удобрения озимого тритикале, обеспечившей получение 93,1 ц/га зерна высокого качества с содержанием сырого белка 12,5% и его сбором 10 ц/га, суммой незаменимых аминокислот – 25,96 г/кг, критических – 7,08 г/кг.

Табл. 5. Библиогр. 6.

УДК 633.112:631.85:631.445.2

Микулич В.А. Состав и вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы при различной обеспеченности фосфором дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 135.

Действие различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от четырех уровней обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными фосфатами изучали в полевом стационарном опыте в 2005-2007 гг. Установлено значительное повышение содержания фосфора в зерне (в 1,2-1,3 раза) и соломе (в 3-4 раза) при повышении содержания подвижных фосфатов с 67 до ≈ 400 мг P_2O_5 на кг почвы. Установленные параметры выноса фосфора и других элементов питания (N, K, Ca and Mg), которые могут быть учтены при планировании системы удобрения яровой пшеницы на аналогичных почвах с различными уровнями обеспеченности фосфором.

Табл. 5. Рис. 2. Библиогр. 15.

УДК 631.524.84: 633.19

Босак В.Н., Марцуль О.Н. Продуктивность ярового тритикале в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 145.

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве первый год последействия различных видов органических удобрений обеспечил дополнительный сбор зерна 3,4-9,9 ц/га при общей урожайности в удобренных вариантах 68,5-75,0 ц/га и содержании сырого белка 12,4-13,9%. Применение полного минерального удобрения $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ увеличило урожайность ярового тритикале на 24,5 ц/га при общей урожайности 65,1 ц/га, содержании сырого белка 12,2% и окупаемости 1 кг NPK 9,1 кг зерна.

Табл. 4. Рис. 1. Библиогр. 15.

УДК 633.17:631.82:631.445.24

Сороко В.И., Пироговская Г.В., Маркевич Д.В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна проса при возделывании на дерново-подзолистой рыхло-супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 154.

В исследованиях, проведенных в течение двух ротаций севооборота установлено, что применение комплексных удобрений с регулятором роста растений и микроэлементами, а также карбамида с регулятором роста растений обеспечивает более высокий урожай зерна проса, а также содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне проса по сравнению со смесями простых форм удобрений. Максимальный сбор протеина и незаменимых аминокислот наблюдался в годы с благоприятными погодными условиями и в вариантах с новыми формами удобрений.

Новые формы удобрений не снижают биологическую ценность белка («аминокислотный скор») зерна проса в сравнении с нормами, рекомендованными ФАО/ВОЗ.

Табл.6. Рис.1.Библиогр. 12.

УДК 631.438:633.17:631.445.2

Батыршаев Э.М., Богдевич И.М. Урожайность и накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне различных сортов проса на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 168.

В статье приведены результаты полевых опытов по урожайности и переходу ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно различных сортов проса на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Табл. 2. Библиогр. 15.

УДК 631. 83: 631.445.2: 631.415.1

Сафроновская Г.М., Германович Т.М., Сатишур В.А., Царук И.А. Эффективность калийного удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с разной кислотностью и обеспеченностью подвижным калием / Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 174.

В полевом стационарном опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлено, что эффективность калийного удобрения возрастает по мере снижения кислотности почвы, и снижается потребность в калийном удобрении с ростом обеспеченности почвы подвижным калием. На уровне обеспеченности почвы подвижным калием 200-250 мг/кг увеличение доз калия в почву с 88 до 143 кг/га севооборотной площади способствует росту прибавок урожайности на фоне кислотности рН 4,8-4,9 с 2,2 до 5,4 ц/га к.ед. (16-32%), на фоне с рН 5,4-5,6 – с 2,3 до 6,8 (27-40,9%) ц/га к.ед., на фоне с рН 6,3-6,5 – с 3,7 до 9,2 ц/га к.ед. (31-52%). Окупаемость 1 кг калия урожаем по мере снижения кислотности почвы и повышения доз калия соответственно возрастала и составляла 2,5-3,8 кг к.ед., 2,6-3,9 кг к.ед. и 4,2-6,4 кг к.ед.

Снижение кислотности почвы с рН 4,8-4,9 до рН 6,3-6,5 на повышенном уровне обеспеченности почвы подвижным калием увеличивает чистый доход с 27,0 до 61,2 USD, рентабельность с 76,9 до 137,2%

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр. 5.

УДК 631.82:633.854.54

Милоста Ю.Г. Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов на динамику накопления биомассы растениями льна масличного по фазам его развития // Почвоведение и агрохимия. 2011. – №1(46). – С. 182.

В полевых опытах со льном масличным (2006-2008 гг.) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, подстилаемом с глубины 0,5 м моренным суглинком, почве, изучено влияние разных форм и доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов (бора и цинка), железа и регуляторов роста растений (Гидрогумат и Эпин) на накопление сухого вещества, элементы структуры урожая льна масличного. Установлено, что нарастание биомассы растений изменяется в большей степени по фазам развития, а элементы структуры урожая – от форм и доз применяемых комплексных удобрений. Наиболее существенное влияние на формирование коробочек на растении, массу 1000 семян, оказали комплексные удобрения: NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{80}P_{65}K_{120}$, бесхлорные NPK с B, Zn, Fe в дозе $N_{60}P_{40}K_{96}$ и NPK с B, Zn, Fe и регуляторами роста растений (Эпин и Гидрогумат) в дозе $N_{60}P_{50}K_{140}$, что обеспечило увеличение урожайности семян с этими удобрениями на 3,0 до 5,1 ц/га по сравнению с базовым вариантом.

Табл. 3. Библиогр. 11.

УДК 633.367.631.445.2

Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н., Родина М.Э. Продуктивность люпина узколистного на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 192.

Возделывание люпина узколистного на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднеобеспеченной подвижными формами фосфора и калия обеспечило получение в среднем 33,1 ц/га зерна. Влияние удобрений на урожайность зерна было недостоверным. Средний удельный вынос с 1 т зерна и соответствующим

количеством соломы составил: N – 59,7 кг/т; P₂O₅ – 16,8; K₂O – 29,9; CaO – 8,6; MgO – 6,4 кг/т.

Для поддержания бездефицитного баланса подвижных форм фосфора и калия в почве при возделывании люпина узколистного на зерно следует вносить 50-60 кг/га д.в. фосфорных удобрений и 100-110 кг/га д.в. калийных удобрений; при условии запашки соломы люпина требуемая доза фосфора составляет 40 кг/га, калия – 20 кг/га.

Табл. 5. Библиогр. 20.

УДК 631.82:631.85.095.337:633.367

Николаева Т.Г. Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на содержание микроэлементов в зеленой массе и зерне люпина узколистного // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 201.

Изучено влияние различных сроков и доз применения некорневых подкормок кобальтовыми и марганцевыми удобрениями на содержание микроэлементов в зеленой массе и зерне люпина узколистного при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установлено, что самое высокое содержание кобальта в урожае отмечено при проведении некорневых подкормок хелатом кобальта в дозе 50 г/га д.в. в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов. Некорневые подкормки хелатом марганца в дозе 50 г/га д.в. в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов способствовали наибольшему накоплению элемента в растениях люпина узколистного.

Табл. 2. Библиогр. 15.

УДК 631.81.095.337:633.32

Рак М.В., Николаева Т.Г., Титова С.А., Барашкова Е.Н. Влияние кобальтовых удобрений на урожайность и качество клевера лугового // Почвоведение и агрохимия. – 2001. – № 1(46). – С. 208.

В статье приведены результаты изучения эффективности применения различных видов кобальтовых удобрений при возделывании клевера лугового на различных уровнях минерального питания. Установлено, что некорневые подкормки клевера кобальтовыми удобрениями более эффективны на уровне минерального питания 165 РК кг/га. Максимальные прибавки урожайности сухой массы с оптимальной концентрацией кобальта получены в вариантах, где вносили хелат кобальта в дозе 25 г/га д.в. При этом данный прием является наиболее экономически целесообразным.

Табл. 4. Библиогр. 6.

УДК 631.8.022.3:633.521:631.445.2

Барашкова Е.Н. Содержание бора в растениях льна масличного в зависимости от обеспеченности супесчаной почвы бором и доз борных удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 214.

В статье приведены результаты исследований по влиянию различных уровней содержания водорастворимого бора в дерново-подзолистой супесчаной почве, форм и доз борных удобрений на накопление этого элемента в семенах и соломке льна. Результаты исследований свидетельствуют о значительном усвоении бора из почвы в наибольших значениях при низком (0,28 мг/кг) и среднем (0,65 мг/кг) уровнях обеспеченности супесчаной почвы этим элементом. Накопление бора в биомассе льна под влиянием некорневой подкормки борными удобрениями снижалось по мере повышения его концентрации в почве.

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр. 6.

УДК 631.81.095.337:633.1:631.445.2

Головатый С.Е., Ковалевич З.С., Лукашенко Н.К., Ефимова И.А., Сидорейко Н.В. Влияние селена на урожайность и накопление его в сене многолетних злаковых трав на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с разными уровнями кислотности // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 222.

В исследованиях на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с низким содержанием селена (30–40 мкг/кг почвы) установлено, что внесение селенита натрия в почву перед посевом многолетних злаковых трав является эффективным способом обогащения сена микроэлементом селеном. Содержание селена на оптимальном для кормов уровне в сене ежи сборной (101,8–167,6 мкг/кг) и сене тимофеевки луговой (110,7–134,4 мкг/кг) достигалось в первом укосе в первого года пользования при дозах 200 и 300 г Se/га, во втором укосе — только в сене ежи сборной при дозе 300 г Se/га. Во второй год пользования трав при дозах 100–300 г Se/га содержание селена в сене трав не достигало оптимального уровня, но было выше фонового в среднем в 1,6–3,5 раза, что очень значимо для селенодефицитной зоны.

Табл. 2. Рис. 1. Библиогр. 11.

УДК 631.81.095.337:633.15

Мишура О.И. Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании кукурузы // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 231.

Применение Адоб Zn и комплексного микроудобрения Витамар на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$ повышало урожайность зеленой массы кукурузы на 39,0 и 33,0 ц/га. Адоб Zn и Басфолиар 36 экстра увеличивали урожайность зеленой массы кукурузы на фоне $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$ на 35 и 63 ц/га.

Максимальное содержание сырого белка было при применении комплексного микроудобрения Басфолиар 36 экстра на фоне $N_{120}P_{90}K_{150} + N_{30}$, которое составило 10,3% на сухое вещество. В этом же варианте был и максимальный сбор сырого белка (9,3 ц/га).

Наибольшая прибыль была в вариантах с внесением Витамара и Адоб Zn на фоне $N_{90}P_{70}K_{120} + N_{30}$, которая составила 562,5 и 617,7 тыс. руб./га при рентабельности 83,1 и 87%.

Табл. 4. Библиогр. 8.

УДК 635.21:[631.81.095.337+631.811.98]

Алиев С.Г., Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения комплексных микроудобрений и регуляторов роста при возделывании картофеля // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 237.

Применение регулятора роста Экосил, комплексных микроудобрений Басфолиар 36 Экстра и Витамар при выращивании картофеля на дерново-подзолистой почве по сравнению с фоном $N_{100}P_{60}K_{130}$ увеличивало урожайность клубней на 10,6 ц/га, 24,8 и 21,3 ц/га, а выход крахмала – на 3,5 ц/га, 6,5 и 9,6 ц/га.

Табл. 4. Библиогр. 8.

УДК 631.461:631.445.24:631.416.2

Михайловская Н.А., Богдевич И.М., Василевская О.В., Погирницкая Т.В. Биологическая активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от обеспеченности подвижным фосфором // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 243.

Установлено, что наиболее благоприятные показатели по микробной биомассе, дегидрогеназной, целлюлозолитической, инвертазной, протеолитической и фосфатазной активности, а также высокая продуктивность сельскохозяйственных культур отмечаются в диапазоне обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным фосфором в пределах 250-300 мг/кг и внесении фосфорных удобрений в дозах P_{10-60} активности, а также стабилизация или снижение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Рис. 8. Библиогр. 12.

УДК 633.6:631.847

Ермолович О.А. Влияние азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и препарата Биолиnum на рост и развитие льна-долгунца // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 252.

В статье приводятся результаты исследований применения азотфиксирующих, фосфатмобилизующих бактерий и бинарного бактериального препарата Биолиnum на процессы роста и развития льна-долгунца. Получены положительные экспериментальные данные по их влиянию на полевую всхожесть, рост и развитие, сохраняемость и выживаемость растений льна-долгунца.

Табл. 3. Библиогр. 6.

УДК 633.37:631.532:631.5

Боровик А.А., Радовня В.А., Аляпкин А.В. Влияние удобрений на вынос с урожаем элементов питания и накопление в почве корневой массы галеги восточной // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 259.

В условиях супесчаных почв изучена кормовая продуктивность и корневые остатки бобовых трав – галеги восточной, люцерны посевной, люцерны рогатого.

Урожайность сухого вещества галеги восточной в среднем за 5 лет использования составила 13,3 т/га. К шестому году жизни в почве находилось 13,6 т/га сухого вещества корневых остатков. Наибольшей массой корней отличаются варианты с внесением $P_{60}K_{90}$ совместно с навозом и без него. В них содержится азота 302-325 кг/га, фосфора – 99,4-102 кг/га и калия – 169-179 кг/га.

Табл. 2. Библиогр. 6.

УДК 631.8.022.3:631.53.037

Пироговская Г.В., Хмелевский С.С., Гаранович И.М. Эффективность применения новых форм удобрений и мелиорантов в питомниководстве // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 266.

Приведены данные о влиянии новых форм удобрений и мелиорантов на рост надземной части и корневой системы сеянцев ели колючей голубой и туи западной при выращивании в контейнерах, указана экономическая эффективность данных агротехнических приемов.

Табл. 5. Библиогр. 9.

УДК 635.64:631.589

Герасимович Л.С., Веремейчик Л.А., Пилипец О.И. Регрессионный анализ системы управления биопродукционными процессами выращивания томатов в малообъемной культуре // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 275.

Представлены результаты статистического регрессионного анализа основных факторов: суммарная кумулятивная естественная и искусственная освещенность, расходы воды и маточного раствора минеральных удобрений, определяющих текущую биопродуктивность процессов выращивания томатов в условиях современного автоматизированного тепличного комбината. Обоснованы направления дальнейшего инновационного развития и совершенствования АСУ урожайностью растений.

Рис. 6. Библиогр. 6.

3. ДИСКУССИИ

УДК 631.452:631.4

Романова Т.А. Плодородие и продукционная способность почв // Почвоведение. – 2011. – №1(46). – С. 285.

Плодородие – эмерджентное свойство почвы, как системы взаимодействия факторов почвообразования, реализуется в биогеоценозе в виде производства урожая растений. Может рассматриваться как продукционная способность почвы. Отдельные составляющие плодородия известны, но целостной теории нет. Она может иметь вид имитационной модели продукционного процесса.

Библиогр. 8.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Почвоведение и агрохимия» согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 4.07.2005 № 101 включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Направляемые статьи должны являться оригинальными материалами, не опубликованными ранее в других печатных изданиях.

Текст научной статьи должен быть подготовлен в соответствии с требованиями главы 5 Инструкции по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации (утверждена Постановлением ВАК Республики Беларусь от 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 и на дискете 3,5S.

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 и корректор *Т.Н. Самосюк*
Компьютерная верстка *А.В. Засулевича*

Подписано в печать 10.06.2011. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Ариал. Усл. п.л. 24,55. Уч.-изд. л. 20,00. Тираж 150 экз. Заказ 349.

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии
«Информационно-вычислительный центр Министерства финансов
Республики Беларусь»
ЛП № 02330/0494120 от 11.03.2009.
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17