

ISSN 0130-8475

---

**Институт почвоведения и агрохимии**

---

# **ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

*Основан в 1961 г.*

**№ 2(45)**

**июль–декабрь 2010 г.**

Минск  
2010

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

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

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

Главный редактор *В.В. ЛАГА*

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

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

## **ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ**

**2 (45)**  
**июль–декабрь 2010 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](mailto:brissainform@mail.ru)

© Республиканское научное дочернее унитарное  
предприятие «Институт почвоведения  
и агрохимии», 2010

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

<b>Цытрон Г.С., Шибут Л.И.</b> Агропроизводственная группировка почв Беларуси по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур .....	7
<b>Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Шульгина С.В.</b> База данных репрезентативных почвенных профилей Беларуси .....	18
<b>Варламов Е.В.</b> Кумуликовые (намытые) почвы черноземной зоны Молдовы.....	25
<b>Чербарь В.В., Варламов Е.Б.</b> Классификация кумуликовых (намытых) почв черноземной зоны Молдовы .....	33
<b>Романова Т.А., Черныш А.Ф., Червань А.Н., Радюк А.Э.</b> Агроэкологическая составляющая потенциала почвенно-земельных ресурсов .....	40
<b>Афанасьев Н.И., Юхновец Ан.В.</b> Коэффициенты устойчивости почв Беларуси к водной эрозии .....	49

### 2. ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

<b>Богдевич И.М., Микулич В.А., Каленик Г.И.</b> Зависимость урожайности и качества продукции зерновых культур от обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв фосфором и доз минеральных удобрений .....	55
<b>Босак В.Н., Марцуль О.Н., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Мезенцева Е.Г.</b> Баланс и динамика агрохимических показателей в зависимости от применения удобрений в звене севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве .....	73
<b>Привалов Ф.И., Павловский В.К., Пироговская Г.В., Будевич Г.В., Шанбанович Г.Н.</b> Применение жидких комплексных удобрений для предпосевной обработки семян озимой ржи .....	81
<b>Радовня О.С., Радовня В.А., Шиманский Л.П.</b> Накопление белка в зерне озимой ржи в зависимости от динамики налива .....	89
<b>Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Ломонос М.М., Пилипчук А.В., Шумак С.М.</b> Эффективность систем удобрения при возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве .....	98
<b>Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н., Родина М.Э.</b> Влияние удобрений на показатели качества зерна озимого тритикале на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах .....	109
<b>Пироговская Г.В., Русалович А.М., Сазоненко О.П., Сороко В.И., Исаева О.И., Хмелевский С.С., Филипенко С.В., Сенченко В.Г.</b> Эффективность комплексных удобрений в технологии возделывания пивоваренного ячменя .....	117
<b>Сафроновская Г.М., Царук И.А.</b> Химический состав и вынос элементов питания урожаем ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы различными формами мелиорантов .....	134
<b>Цыбулько Н.Н., Киселева Д.В.</b> Баланс азота удобрений в системе почва-растение под зерновыми культурами на дерново-подзолистой супесчаной почве .....	145
<b>Цыбулько Н.Н., Киселева Д.В.</b> Мобилизация азота почвы под влиянием азотных удобрений и поступление <sup>137</sup> Cs в растения .....	156

<b>Шик А.С., Антонюк А.С., Бачило В.А., Устинова А.М., Лихацевич Н.А., Сатишур В.А.</b> Эффективность применения удобрений в дифференцированных севооборотах в условиях гетерогенного почвенного покрова Полесья .....	164
<b>Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И.</b> Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании яровой пшеницы.....	172
<b>Николаева Т.Г.</b> Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на содержание аминокислот в зеленой массе и зерне люпина узколистного .....	180
<b>Барашкова Е.Н.</b> Влияние различных форм и доз микроудобрений на урожайность и качество семян льна масличного.....	186
<b>Михайловская Н.А., Тарасюк Е.Г., Маркевич Д.В.</b> Влияние бактериального удобрения Калиплант на качество гороха на дерново-подзолистой супесчаной почве .....	193
<b>Бобовкина В.В., Радовня В.А., Михайловская Н.А., Бруй И.Г.</b> Влияние регуляторов роста и бактериальных удобрений на урожайность подсолнечника.....	200
<b>Кошман М.Е., Скорина В.В.</b> Продуктивность томатов в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве.....	207
<b>Мееровский А.С., Модникова Н.М.</b> Плодородие мелиорированных дерново-подзолистых глееватых почв и семенная продуктивность бекмании обыкновенной .....	214
<b>Рефераты</b> .....	223
<b>Правила для авторов</b> .....	232

## CONTENTS

### 1. SOIL RESOURCES AND THEIR RATIONAL USE

<b>Tsytron G.S., Shibut L.I.</b> Agroindustrial Belarus soils grouping to their suitability for basics crops growing .....	7
<b>Tsytron G.S., Matychenkov D.V., Shul'gina S.V.</b> Database of representative soils profiles of Belarus .....	18
<b>Varlamov E.V.</b> Cumulic (sediment) soils of the chernozemic zone of Moldova.....	25
<b>Cherbar' V.V., Varlamov E.V.</b> Classification of cumulic (sediment) soils of the chernozemic zone of Moldova.....	33
<b>Romanova T.A., Chernysh A.F., Chervan' A.N., Radyuk A.Eh.</b> Agroecological potential of soil-land resources .....	40
<b>Afnas'ev N.I., Yuhnovets An.V.</b> Coefficients of resistance of sod-podzolic soils of Belarus to erosion.....	49

### 2. SOIL FERTILITY AND FERTILIZATION

<b>Bogdevitch I.M., Mikulich V.A., Kalenik G.I.</b> Yield and quality of cereal grains in relation to p-status of sod-podzolic loamy sand soils and fertilizers.....	55
<b>Bosak V.N., Martsul' O.N., Seraya T.M., Bogatyreva E.N., Mezentseva E.G.</b> Balance and dynamics of agrochemical indicators depending on application of fertilizers in a crop rotation link on sod-podzolic light loamy soil.....	73
<b>Privalov F.I., Pavlovskij V.K., Pirogovskaya G.V., Budevich G.V., Shanbanovich G.N.</b> Application of liquid complex fertilizers at presowing processing of seeds of winter rye .....	81
<b>Radovnya O.S., Radovnya V.A., Shimanskij L.P.</b> Protein accumulation in grain of winter rye depending on swelling dynamics .....	89
<b>Lapa V.V., Ivakhnenko N.N., Lomonos M.M., Pilipchuk A.V., Shumak S.M.</b> Effectiveness of fertilizer systems for winter triticale growing on luvisol loamy sand soil.....	98
<b>Seraya T.M., Mezentseva E.G., Bogatyreva E.N., Biryukova O.M., Biryukov R.N., Rodina M.E.</b> Influence of fertilizer on the content of grain winter triticale on sod-podzolic loamy sand soils .....	109
<b>Pirogovskaya G.V., Rusalovich A.M., Sazonenko O.P., Soroko V.I., Isaeva O.I., Khmelevskij S.S., Philipenko S.V., Senchenko V.G.</b> Efficiency of complex fertilizers in technology of brewing barley cultivation.....	117
<b>Safronovskaya G.M., Tsaruk I.A.</b> Chemical composition and removal of nutrition elements with harvest of spring rape in liming of sod-podzolic light loamy soil with slightly acid various forms of ameliorants .....	134
<b>Tsybul'ko N.N., Kiseleva D.V.</b> Balance of nitrogen of fertilizers of system soil-plant under grain crops on sod-podzolic sandy soil.....	145
<b>Tsybul'ko N.N., Kiseleva D.V.</b> Mobilization of soil nitrogen under the influence of nitric fertilizers and receipt <sup>137</sup> Cs in plants .....	156
<b>Shik A.S., Antonyuk A.S., Bachilo V.A., Ustinova A.M., Likhatchevich N.A., Satishur V.A.</b> Efficiency of application of fertilizers in the differentiated crop rotations in conditions of a heterogeneous soil cover of Polesye.....	164
<b>Vildflush I.R., Mishura O.I.</b> Efficiency of application of micro fertilizers in chelate form at cultivation of spring wheat.....	172

<b>Nikolaeva T.G.</b> Influence of cobalt and manganese fertilizers on contents of amino acid in green mass and grain of blue lupine.....	180
<b>Barashkova E.N.</b> Influence of various forms and dozes of microfertilizers on productivity and quality of oil flax seeds .....	186
<b>Mikhajlovskaya N.A., Tarasyuk E.G., Markevich D.V.</b> Effect of biofertilizer Kaliplant on the quality of pea grown on Luvisol loamy sand soil .....	193
<b>Bobovkina V.V., Radovnya V.A., Mikhajlovskaya N.A., Bruj I.G.</b> Effect of growth regulators and biofertilizer on yield and quality of sunflowe .....	200
<b>Koshman M.E., Skorina V.V.</b> Productivity of tomatoes depending on application of fertilizers on a sod-podzolic loamy sand soil .....	207
<b>Meerovskij A.S., Modnikova N.M.</b> Fertility of reclaimed sod-podzolic gleyic soils and seed productivity of beckmannia eruciformis .....	214
<b>Summaries</b> .....	223
<b>Rules for autors</b> .....	232

## 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.4

### АГРОПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ГРУППИРОВКА ПОЧВ БЕЛАРУСИ ПО ИХ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут

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

#### ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси работы по агропроизводственной группировке почв для сельскохозяйственных целей начали активно развиваться в период крупномасштабных почвенных исследований, позволивших получить довольно подробную информацию о почвах республики. Разнообразие почв, определяемое факторами почвообразования, потребовало объединения близких по своим свойствам почв в более крупные группы, для которых и разрабатывались мероприятия и рекомендации по их использованию и улучшению. Однако отсутствие четких критериев объединения почвенных разновидностей в агропроизводственные группы и неясность видов группировки способствовали тому, что количественный состав групп при каждом их построении менялся, а рекомендации по использованию и улучшению были неконкретными.

Первая агропроизводственная группировка почв Беларуси была проведена в 1960 г. [1]. При этом было выделено 11 агрогрупп по типам почв, которые в свою очередь подразделялись на 47 подгрупп по гранулометрическому составу. При проведении 2 тура почвенного обследования было выделено 33 агрогруппы [2,3], а в методических указаниях «Полевое исследование и картографирование почв БССР» 1990 г. – 30 агрогрупп [4].

Несколько отличается от перечисленных группировок, агропроизводственная группировка почв, разработанная Н.И. Смяном [5]. В основу этой группировки положены генетические свойства почв, определяющие потребность в их улучшении при использовании в качестве пахотных земель. На основании этого признака почвы республики объединены в 5 классов по потребности в мелиорациях, от 1-го класса, включающего почвы с благоприятными водно-физическими и химическими свойствами, не нуждающимися в мелиорации, до 5-го – с почвами не подлежащими освоению под пашню. Эти 5 классов включали 19 агропроизводственных групп почв, которые выделены по набору основных мероприятий, устраняющих отрицательные свойства почв.

Все эти группировки почв были общего растениеводческого значения. Примером специализированной (частной) группировки почв под отдельные культуры (ячмень, озимую пшеницу, озимую рожь, овес, картофель, лен-долгунец) является группировка, разработанная Н.И. Смяном в 1980 г. [6]. В дальнейшем эта группировка несколько раз совершенствовалась [7,8] и на протяжении длитель-

ного времени широко использовалась для организации и ведения севооборотов в хозяйствах.

Как показали результаты исследований, с момента ее разработки, произошли существенные изменения в компонентном составе почвенного покрова, получены новые данные по пригодности почв под различные культуры, в том числе и под новые, которые ранее на территории республики не возделывались. Все это и явилось основой для проведения исследований по совершенствованию общей группировки почв и разработки агропроизводственных группировок под отдельные культуры, так как по своим биологическим особенностям и отношению к почвенным условиям они существенно различаются.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектами исследований явилось все разнообразие почв пахотных земель Беларуси по типовой принадлежности, степени гидроморфизма, гранулометрическому составу почвообразующих и подстилающих пород, характеру строения генетического профиля и их современному экологическому состоянию, а также возделываемые в республике основные сельскохозяйственные культуры, занимающие большие площади и имеющие важное продовольственное, кормовое и техническое значение.

Исследования выполнены на основе сбора и систематизации данных по разным источникам информации о производительной способности отдельных почвенных разновидностей, методом полевых мелкоделяночных учетов урожайности сельскохозяйственных культур в производственных посевах в сравнимых условиях агротехники на делянках площадью 1 м<sup>2</sup> в 6-кратной повторности с отбором смешанных почвенных образцов для определения показателей агрохимических свойств пахотных горизонтов и установления степени окультуренности почв, а также путем постановки вегетационных опытов. При этом на каждом рабочем участке, где проводились учеты, закладывались почвенные разрезы с их морфологическим и морфометрическим описанием, погоризонтным отбором образцов для аналитических исследований по определению гранулометрического состава, показателей физико-химических и агрохимических свойств почв.

Аналитические исследования выполнены общепринятыми методами в лаборатории агрохимических анализов РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [9].

Агропроизводственные группировки разработаны на основе обобщенных материалов последнего (третьего) тура крупномасштабного картографирования почв сельскохозяйственных земель республики [10] и новой классификации почв Беларуси [11] с применением методов математической статистики [12].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Современное состояние почвенного покрова сельскохозяйственных земель республики характеризуется большим разнообразием почв как в количественном отношении, так и в отношении их производительной способности и пригодности под те или иные культуры. Номенклатурный список, который в настоящее время используется для картографирования почв, включает 426 наименований без учета генезиса почвообразующих пород, их строения и гранулометрического



состава [13]. Новая шкала оценочных баллов, разработанная для очередного тура кадастровой оценки земель, состоит из 332 наиболее распространенных в составе пахотных земель разновидностей, которые оценены в баллах по пригодности для возделывания 16 сельскохозяйственных культур [14]. Для ее разработки использованы результаты последних исследований по пригодности почв под различные сельскохозяйственные культуры, в том числе и ранее не возделываемые в республике (озимое тритикале), или по которым пригодность устанавливалась исходя из литературных данных (рапс, люцерна); по установлению плодородия отдельных почвенных разновидностей, имеющих сложное строение профиля (почвы с наличием в профиле песчаной прослойки различной мощности и глубины залегания) и разную степень его антропогенной трансформации [15-16]. Все это и явилось исходным материалом для разработки теоретической основы усовершенствования существующей [7] агропроизводственной группировки почв.

Анализ почвенных группировок, существующих в Беларуси [1-8], странах дальнего и ближнего зарубежья [17-21], показывает, что методические подходы к их разработке подразделяются на оценочные (группы выделяются с использованием бонитировочных оценок), типологические (группы характеризуют тип среды произрастания или тип земель) и ограничительные (группы основываются на экологических ограничениях возделываемых культур). Четкого разграничения между принципами разделения групп и критериями их выделения не существует: один и тот же показатель разными исследователями может использоваться и как принцип разделения групп, и как критерий [21]. Нами предпринята попытка разделить эти понятия, которые для почв Беларуси можно представить в следующем виде:

- агропроизводственные группировки строятся на основе следующих принципов:

- 1) учет требований сельскохозяйственных культур к почвенным условиям;
- 2) различие в плодородии почв, а также в агропочвенных и агротехнологических свойствах;
- 3) различие в оценке земель, характеризующей почвенное плодородие;

- критериями выделения групп являются:

- 1) генетическая близость почв;
- 2) близость гранулометрического состава и строения пород;
- 3) близкая степень агрохимической окультуренности или деградации почв;
- 4) однотипность мелиоративного воздействия при однотипности лимитирующих почвенное плодородие факторов.

Обработка и анализ новых данных о современном количественном и качественном состоянии почвенного покрова пахотных земель и их производительной способности [22-23], их объединение в группы на основе разработанных принципов и критериев, а также использование литературных источников [24-26], позволили уточнить количество групп в этой группировке, состав почв в них входящих, а также степень их пригодности под некоторые культуры, расширить перечень оцениваемых культур. В настоящее время эта агропроизводственная группировка включает 15 агрогрупп почв, по которым приводится оценка степени их пригодности для 16 сельскохозяйственных культур (табл. 1).



Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
4	Агродерново-подзолистые легко- и средне-суглинистые и связносулещаные, подстилаемые песком до 1 м, а также рыхлосулещаные, подстилаемые суглинком до 1 м (автоморфные, оглеенные)		2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
5	Агродерново-подзолистые рыхлосулещаные, подстилаемые песком и связнопесчаные, подстилаемые суглинком (автоморфные, оглеенные, слабоглеватые)		2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	
6	Агродерново-подзолистые на мощных связанных песках и рыхлопесчаные мощные и подстилаемые суглинком (автоморфные, оглеенные, слабоглеватые)		1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
7	Агродерново-подзолистые слабоглеватые глинистые и тяжелосуглинистые	осуш. <sup>2</sup>	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	3	2	3	
		неосуш.	0	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	0	2	2	2	1	3
8	Агродерново-подзолистые слабоглеватые легко- и средне-суглинистые, а также сулещаные, подстилаемые мореной	осуш.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		неосуш.	2	2	2	3	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3
9	Агродерново-подзолистые глееватые и глеевые глинистые и тяжелосуглинистые	осуш.	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	0	1	0	1	2	1	2
		неосуш.	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	Агромерно-подзолистые глееватые и глеевые на легких и средних суглинках, а также супесях, подстилаемых мореной	осуш.	2	2	2	3	3	3	2	3	2	1	2	1	2	3	2	3
		не-осуш.	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	2	1	2
	Агромерно-подзолистые глееватые и глеевые почвы на супесях, подстилаемых песками и песках	осуш.	2	1	1	1	2	2	2	2	1	0	1	2	1	1	0	2
		не-осуш.	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1
	Агромерно-карбонатные и агромерные глееватые и – глеевые, а также агромерные с мощностью торфа менее 0,5 м	осуш.	1	1	1	2	2	2	0	1	0	1	0	0	1	0	1	3
		не-осуш.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
13	Агромерные: с мощностью торфа 0,5-1,0 м с мощностью торфа более 1,0 м	осуш.	2	2	2	2	2	3	0	2	0	1	0	2 <sup>3</sup>	2 <sup>3</sup>	0	0	3
		осуш.	3	2	2	2	2	3	0	3	0	1	0	2 <sup>3</sup>	2 <sup>3</sup>	0	0	3
	Дегроторфоземы торфяно-минеральные:	осуш.	2	1	1	2	2	2	0	2	0	1	0	2	2	0	0	2
	подстилаемые суглинком	осуш.	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
	подстилаемые песком	осуш.	2	1	1	1	2	2	0	2	0	1	0	1	1	0	0	2
15	Дегроторфоземы минеральные	осуш.	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
	остаточно-торфяные и постторфяные: суглинистые	осуш.	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1
	супесчаные	осуш.	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
	песчаные	осуш.	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1

Примечание: 1 Степень пригодности почв: 3 – наиболее пригодные, 2 – пригодные, 1 – малопригодные, 0 – непригодные.

2 Пригодность для осушенных почв с нормально работающей осушительной сетью.

3 Почвы пригодны, однако возделывание пропашных культур на агромерных почвах не рекомендуется, в связи с значительной минерализацией органического вещества при их возделывании. Размещение пропашных и зерновых культур на агромерных почвах зависит также от удельного веса этих почв в составе пахотных земель в хозяйстве.

По сравнению с предыдущей группировкой (1990 г.) количество агрогрупп увеличено на 5:

- добавлены две группы почв тяжелого гранулометрического состава, так как он оказывает существенное влияние на ведение сельскохозяйственного производства, особенно в северных районах республики: 1 – глинистые и тяжело-суглинистые слабogleеватые, 2 – глинистые и тяжело-суглинистые глееватые и глеевые;

- проведена более подробная группировка агродерново-подзолистых автоморфных почв: выделено 5 групп, было 4;

- группировка дерготорфоземов дана согласно новой классификации почв: в отдельную группу выделены торфяно-минеральные почвы с разделением их в зависимости от подстилания, в другую группу объединены минеральные остаточно-торфяные и постторфяные с разделением их по гранулометрическому составу на суглинистые, супесчаные, песчаные.

Что касается оцениваемых культур, то в новую группировку включена оценка озимого тритикале и рапса, дается раздельная оценка под яровую пшеницу и ячмень, разделены также люцерна и клевер, в то время как в предыдущей группировке они оценивались вместе.

Наряду с общей агропроизводственной группировкой почв республики по пригодности под сельскохозяйственные культуры, важное значение в современных условиях имеют частные (специализированные) группировки для каждой из культур в отдельности с учетом их индивидуальных требований к свойствам почв.

На основании усовершенствованной общей агропроизводственной группировки почв под сельскохозяйственные культуры и, исходя из индивидуальных требований отдельных культур к почвенным условиям, разработаны частные агропроизводственные группировки почв республики по их пригодности для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур. В результате проведенных исследований все, преобладающие в почвенном покрове пахотных земель республики, почвенные разновидности объединены по степени пригодности под культуры в те же 4 группы (наиболее пригодные, пригодные, малопригодные и непригодные) с учетом их балльной оценки, типовых различий, степени гидроморфизма, строения и гранулометрического состава почвообразующих пород, современного экологического состояния.

Такие группировки почв разработаны под наиболее требовательные к почвенным условиям культуры, возделываемые в республике: озимую пшеницу, озимое тритикале, яровую пшеницу, ячмень, лен, сахарную свеклу, озимый рапс. Пример такой агропроизводственной группировки под ячмень, который занимает первое место по посевным площадям среди зерновых культур в республике, приведен в таблице 2.

Наиболее важными в этой группировке являются первые две группы почв (наиболее пригодные и пригодные). Именно они определяют перечень почвенных разновидностей, на которых экономически выгодно возделывать ту или иную сельскохозяйственную культуру.

На основании этих группировок, а также материалов почвенного обследования, устанавливаются площади почв, пригодных для возделывания различных сельскохозяйственных культур.

Таблица 2

Группировка почв по их пригодности под ячмень

Степень пригодности	Тип почв	Степень увлажнения	Строение, гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород	Агроэкологическое состояние
1. Наиболее пригодные	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые	нормальное увлажнение оглеенные (контактно-оглеенные, глубокоглеенные)	среднесуглинистые и легкосуглинистые мощные и связносулещаные мощные и, подстилаемые суглинком с гл. до 1 м.	Эродированность и завалушенность рН 5,61-6,00
	Агродерново-подзолистые заболочиваемые	слабоглеватые, остаточ-но-слабоглеватые	до 1 м.	
	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые	нормальное увлажнение оглеенные (контактно-оглеенные, глубокоглеенные)	среднесуглинистые, легкосуглинистые и связносулещаные, подстилаемые песком с гл. до 1 м.	
2. Пригодные	Агродерново-подзолистые заболочиваемые	слабоглеватые, остаточ-но-слабоглеватые	рыхлосулещаные, подстилаемые суглинком с гл. до 1м. глинистые и тяжелосуглини-стые	Эродированность и завалушенность слабая, рН 5,51-5,60 6,01-7,00
	Агродерново-подзолистые заболочиваемые	остаточно-глееватые	среднесуглинистые, легкосуглинистые и связносулещаные разного подстиления	
	Агродерново-карбонатные заболочиваемые и агродерновые заболочиваемые	остаточно-глееватые	рыхлосулещаные, подстилаемые суглинком с гл. до 1м.	
	Агроторфяные низинные	остаточно-оглеенные	мощностью более 0,5 м	
	Дегроторфоземы торфяно-минеральные и минеральные остаточно-торфяные	остаточно-оглеенные	разного гранулометрического состава и подстиления	

Окончание таблицы 2

Степень пригодности	Тип почв	Степень увлажнения	Строение, гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород	Агроэкологическое состояние
3. Малопродуктивные	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые	нормальное увлажнение оглеенные (контактно-оглеенны глубокооглеенные)	рыхлосупесчаные, подстилаемые песком с гл. до 1 м. связнопесчаные, подстилаемые суглинком с гл. до 1 м.	Эродированность и завалуненность средняя, рН 5,01-5,50 7,01-7,50
	Агродерново-подзолистые заболочиваемые Агродерново-карбонатные заболочиваемые и агродерновые заболочиваемые	слабоглеватые, остаточ-но-слабоглеватые остаточно-глеватые		
	Агроторфяные низинные	остаточно-оглеенные	мощностью менее 0,5 м	
4. Непригодные	Агродерново-карбонатные Агродерново-подзолистые	нормальное увлажнение оглеенные (контактно-оглеенные, глубокооглеенные)	связнопесчаные, подстилаемые песком с гл. до 1 м. рыхлосупесчаные на мощных песках и, подстилаемые суглинком	Эродированность и завалуненность сильная и очень сильная, рН < 5,00 > 7,50
	Агродерново-подзолистые заболочиваемые Агродерново-подзолистые заболочиваемые	слабоглеватые, остаточ-но-слабоглеватые остаточно-глеватые		
	Агродерново-карбонатные заболочиваемые и агродерновые заболочиваемые Дегроторфоземы минеральные постторфяные	глеватые глеватые и остаточ-но-глеватые остаточно-оглеенные	разного гранулометрического состава и подстилая	разного гранулометрического состава и подстилая

Следует отметить, что частные агропроизводственные группировки почв построены исходя из качественного состояния почвенного покрова пахотных земель республики в целом. Для каждого отдельно взятого региона (района или сельскохозяйственного предприятия) эта группировка всегда требует некоторого уточнения, соответствующего региональной специфике почвообразования, и особенно, это касается агроторфяных низинных почв с разной мощностью органогенного слоя и дерготорфоземов остаточно-оглеенных с разным содержанием органического вещества.

## **ВЫВОДЫ**

Новая (усовершенствованная) общая агропроизводственная группировка почв республики разработана с учетом последних данных о современном количественном и качественном состоянии компонентного состава почвенного покрова пахотных земель и их производительной способности. В настоящее время она включает 15 агрогрупп почв, по которым приводится оценка степени их пригодности для 16 сельскохозяйственных культур, или их групп. По сравнению с предыдущей группировкой [7] количество агрогрупп увеличено на 5, а оцениваемых культур – на 4. Эта группировка позволяет более точно оценить пригодность каждой агрогруппы, и даже почвенной разновидности для возделывания сельскохозяйственных культур.

Частные агропроизводственные группировки почв разработаны под наиболее требовательные к почвенным условиям сельскохозяйственные культуры: озимую пшеницу, озимое тритикале, яровую пшеницу, ячмень, лен, сахарную свеклу, озимый рапс. Они позволяют дифференцировать все разнообразие почв Беларуси различной типовой принадлежности, увлажнения, гранулометрического состава, строения почвообразующих пород и агроэкологического состояния по степеням пригодности для возделывания каждой культуры (наиболее пригодные, пригодные, малопригодные, непригодные). На основании группировок по материалам крупномасштабного почвенного картографирования устанавливаются площади почв, пригодных для возделывания этих культур.

Результаты исследований будут использованы при разработке мероприятий по рациональному использованию земельных ресурсов республики и, в первую очередь, при установлении научно обоснованной, с учетом современного состояния почвенного покрова, оптимальной структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Медведев, А.Г. Руководство по почвенному исследованию земель колхозов и совхозов БССР / А.Г. Медведев, Н.П. Булгаков, Ю.И. Гавриленко. – Минск, 1960. – 176 с.
2. Методические указания по почвенно-геоботаническим и агрохимическим крупномасштабным исследованиям в БССР / Н.И. Смяян [и др.]; под ред. Н.И. Смяяна и И.Н. Соловей. – Мн.: Ураджай, 1973. – 299 с.
3. Смяян, Н.И. Агропроизводственная группировка почв Белорусской ССР / Н.И. Смяян, И.Н. Соловей // Почвы Белорусской ССР / Под ред. чл.-корр.



АН БССР Т.Н. Кулаковской, акад. АН БССР П.П. Рогового и канд. с.-х. наук Н.И. Смяяна. – Мн.: Ураджай, 1974. – С. 230-233.

4. Полевое исследование и картографирование почв БССР: метод. указания / Н.И. Смяян [и др.]; под ред. Н.И. Смяяна, Т.Н. Пучкаревой, Г.А. Ржеутской. – Мн.: Ураджай, 1990. – 221 с.

5. Смяян, Н.И. Пригодность почв БССР под основные сельскохозяйственные культуры / Н.И. Смяян. – Мн.: Ураджай, 1980. – 175 с.

6. Смяян, Н.И. Агропроизводственная группировка и районирование почв БССР в соответствии с их пригодностью под основные сельскохозяйственные культуры: автореф. дисс...д-ра с.-х. наук / Н.И. Смяян. – Москва. 1980. – 39 с.

7. Смяян, Н.И. Почвы и структура посевных площадей / Н.И. Смяян. – Мн.: Ураджай, 1990. – 150 с.

8. Методические рекомендации по организации и ведению севооборотов в условиях интенсификации земледелия в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях Белорусской ССР. – Минск, 1988. – 45 с.

9. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания / И.М. Богдевич [и др.]; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64 с.

10. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г.И. Кузнецов [и др.]; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смяяна. – Мн.: Оргстрой, 2001. – 432 с.

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

12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (С основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

13. Номенклатурный список почв Беларуси (для целей крупномасштабного картографирования / Н.И. Смяян [и др.]. – Мн., 2003. – 43 с.

14. 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. / Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В.В. Лапа [и др.]. – Минск, 2010. – Ч. I. – С. 186-188.

15. Смяян, Н.И. Оценка производительной способности дерново-подзолистых легкосуглинистых почв с трехчленным строением почвообразующих пород / Н.И. Смяян, Е.В. Цытрон, Л.И. Шибут // Земляробства і ахова раслін. – Мн. – 2003. – №2. – С. 25-27.

16. Цытрон, Г.С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г.С. Цытрон. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2004. – 124 с.

17. Общесоюзная группировка почв для характеристики и учета качества земель – М.: Агропромиздат, 1986. – 28с.

18. Фридланд, В.М. Об агропроизводственной группировке почв и их роли в улучшении использования земельных фондов (к вопросу о прикладных толковательных группировках почв) / В.М. Фридланд // Учет и агропроизводственные группировки почв земельных ресурсов СССР. – М.: Наука, 1967. – С. 14-29.

19. Группировка почв для качественного учета земельного фонда СССР / Е.Н. Иванова [и др.]. – М.: Наука, 1967. – С. 30-42.

20. Крупеников, И.А. Агропроизводственная группировка почв правобережья Южной Молдавии / И.А. Крупеников, А.Ф. Урсу // Тр. Почв. ин-та им. Н.А. Димо. – Кишинев, 1960. – Вып. IV.

21. Булгаков, Д.С. Агроэкологическая оценка пахотных почв / Д.С. Булгаков. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2002. – 252 с.

22. Шибут, Л.И. Оценка плодородия пахотных земель Беларуси под основные сельскохозяйственные культуры / Л.И. Шибут // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – №2(35). – С. 42-47.

23. Совершенствование шкалы оценочных баллов почв для очередного тура кадастровой оценки земель в Беларуси / Л.И. Шибут [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №2(41). – С. 17-24.

24. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / Под ред. А.А. Попкова. – Минск, 2001. – 308 с.

25. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.

26. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 460 с.

## **AGROINDUSTRIAL BELARUS SOILS GROUPING TO THEIR SUITABILITY FOR BASICS CROPS GROWING**

**G.S. Tsytron, L.I. Shibut**

### **Summary**

This article provides an advanced agroindustrial soils grouping according to their suitability for different crops cultivated in Belarus. The grouping include 15 agrogroups for which arable lands was assessed on the degree of suitability (the most suitable, suitable, little avail unusable) for 16 crops.

*Поступила 17 октября 2010 г.*

УДК 631.471

## **БАЗА ДАННЫХ РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ ПОЧВЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ БЕЛАРУСИ**

**Г.С. Цытрон, Д.В. Матыченков, С.В. Шульгина**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Высокая информационная обеспеченность данными о почвах и почвенном покрове, возможности программного обеспечения и мощности вычислительных ресурсов компьютеров привели к тому, что во всем мире начали создаваться почвенные информационные системы. Разрабатываются новые методы получе-

ния, хранения, обработки и представления почвенной информации с использованием современных цифровых технологий. На сегодняшний день известно большое количество таких информационных систем: международная SOTER, европейская EUROPEAN SOIL DATABASE, австралийская ASRIS, канадская CANSYS, цифровые модели почв и др. [1-5]. При участии Докучаевского общества почвоведов создается Почвенно-географическая база данных России [6].

В нашей республике также давно назрела необходимость создания соответствующей мировому уровню атрибутивной информационной базы данных по почвам, чему и посвящены наши исследования. Начиная с 2006 года в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» весь имеющийся огромный фактический материал по почвам и почвенному покрову страны сводится в единую систематизированную базу данных. На уровне республики это осуществляется посредством создания базы данных репрезентативных (представительных) почвенных профилей (разрезов), имеющих географическую координатную привязку к цифровой почвенной карте Беларуси.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является все разнообразие почв Республики Беларусь независимо от степени их антропогенного преобразования. При выделении представительных почв одним из важных моментов являются вопросы их классификационной принадлежности и номенклатуры [7-8], так как классификация является не только основным инструментом количественного и качественного учета почвенных ресурсов, но и единым языком для проведения различного рода исследований и последующей систематизации результатов. Создание базы данных репрезентативных почвенных профилей (разрезов) включает:

- разработку специализированной базы данных;
- заполнение необходимых полей по свойствам и характеристикам как почвенных разрезов в целом, так и отдельных их горизонтов;
- выбор и обработку цветного изображения почвенных разрезов, создание ссылок на фотографии;
- привязку почвенных разрезов базы данных к почвенной карте Беларуси [9].

Отбор представительных почвенных разрезов из фондовых материалов и полевых исследований сектора методики картографирования и бонитировки почв осуществлялся согласно «Номенклатурному списку почв Беларуси» [7], новой их классификации [8], систематизированных данных последнего тура крупномасштабного почвенного картографирования [10] и цифровой почвенной карты республики.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В Беларуси уже несколько лет ведутся работы по созданию разноуровневой информационной системы характеристики ее почвенного покрова [11-12]. Отличительной чертой создаваемой информационной системы является многоуровневость, которая подразумевает под собой различные степени генерализации информации о почвах и почвенном покрове: 1-ый – Республика Беларусь; 2-ой – административная область; 3-ий – административный район; 4-ый – отдельное хозяйство; 5-ый – рабочий участок.

На первом уровне обобщения к настоящему времени создана электронная векторная почвенная карта Республики Беларусь, состоящая из 523 полигонов (почвенных выделов). Атрибутивная база данных каждого полигона содержит таксономическую принадлежность доминирующей и сопутствующей почв в различных классификационных системах (старой и новой классификациях почв Беларуси, Мировой реферативной базе почвенных ресурсов (WRB), а также занимаемые ими доли в почвенных выделах. Кроме того, в атрибутах почвенного полигона имеется описание преобладающих типов его использования, доминирующей почвообразующей породы и класса гранулометрического состава. Здесь же содержится информация и о занимаемой им площади.

Другой информационной основой первого уровня обобщения является специализированная база данных репрезентативных почвенных профилей. Из большого фактического материала, накопленного в ходе исследования почв и почвенного покрова республики, его обобщения, а также исходя из особенностей почвообразования на территории Беларуси, нами были отобраны репрезентативные почвенные разрезы, наиболее полно характеризующие современное состояние компонентного состава почвенного покрова страны. Отобранные нами разрезы являются репрезентативными по нескольким причинам: 1) почвенные разновидности, представленные ими, занимают большую (доминирующую) площадь в компонентном составе почвенного покрова Беларуси в целом; 2) отдельные из них наиболее характерны для определенных территорий республики; 3) обладают наиболее полным набором аналитических показателей различных характеристик составов и свойств.

Точками пересечения данной базы с почвенной картой Беларуси являются географическая координатная привязка разреза, классификационная принадлежность почвы, территориальная принадлежность к административно-территориальным единицам республики (область, район, хозяйство, лесничество).

Используя поля базы данных, определяющие местоположение почвенного разреза, производится привязка его к картографическим материалам: почвенным картам, картам административно-территориального деления Республики Беларусь, дополнительным картам (почвенно-экологического районирования, тематическим картограммам и т.д.) различного масштаба (рис. 1).

База данных репрезентативных почвенных профилей создана в кроссплатформенном формате dbf.

Собственно база данных почвенных профилей состоит из двух секций: секции почвенного профиля и секции почвенных горизонтов. В секции почвенного профиля заносится информация о почвенном разрезе в целом (табл. 1).

Данная секция содержит информацию общей характеристики места закладки почвенного разреза, классификационную принадлежность характеризующей им почвы, географическую привязку, дату закладки, ссылки на внешние файлы (фотографии и полевое описание).

Далее следует секция почвенных горизонтов, которая детально характеризует каждый горизонт почвенного профиля, входящего в базу данных. В ней содержится следующая информация:

- порядковый номер горизонта от поверхности, номенклатура и индексировка горизонта согласно старой и новой классификаций;

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

- морфологические характеристики (верхняя и нижняя границы горизонта, его мощность, характер перехода и форма границ, цвет во влажном и сухом состоянии визуально и по шкале Манселла, характер окраски и наличие пятен, наличие и размер корней, пор, наличие новообразований и их тип);
- физические свойства горизонта (структура, размер структурных элементов, наличие включений и их тип, гранулометрический состав, содержание ила и физической глины, влажность, плотность сложения, плотность твердой фазы);
- для торфяных горизонтов – степень разложения торфа и его ботанический состав;
- физико-химические показатели (глубина и интенсивность вскипания от НСІ, минералогический состав почвы и илистой фракции, валовой химический состав почвы, рН солевой вытяжки, зольность, содержание органического вещества и общего гумуса, тип гумуса, содержание общего углерода и азота, гидролитическая кислотность, емкость катионного обмена, сумма поглощенных оснований, степень насыщенности основаниями, содержание подвижных фосфора, калия, содержание обменных кальция, магния, растворимых натрия и хлорид-иона, содержание бора, цинка и меди).

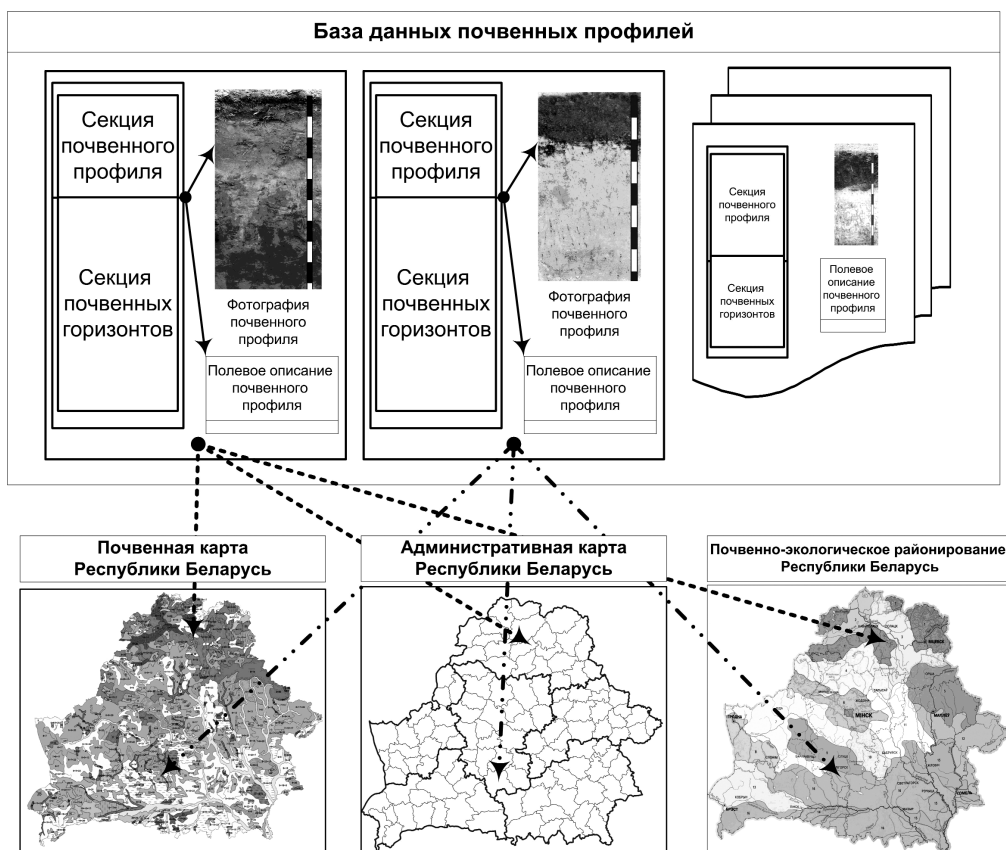


Рис. 1. Взаимосвязь источников базы данных репрезентативных почвенных профилей и различных карт

## Поля секции почвенного разреза базы данных репрезентативных почвенных профилей

№ поля	Поле базы данных	Описание	Тип данных
1	ID	Идентификатор	числовой
2	Oblast	Область	текстовый
3	Region	Район	текстовый
4	Plant	Форма предприятия (СПК, лесничество и т.д.)	текстовый
5	Hoz	Название предприятия	текстовый
6	ID_Plot	Номер рабочего участка	числовой
7	N_Profile	Номер разреза	числовой
8	Date	Дата закладки разреза	дата
9	BD_Profile	Код базы данных по разрезу (например 1Л-99)	текстовый
10	Longitude	Долгота	координаты
11	Latitude	Широта	координаты
12	Altitude	Высота над уровнем моря (м)	числовой
13	Soil_Kod_2003	Классификационное положение почвы (на уровне разновидности) согласно Номенклатурного списка (2003 г.)	текстовый
14	Soil_Klass_2007	Классификационное положение почвы согласно новой национальной классификации (2007 г.)	текстовый
15	Soil_WRB_2006	Классификационное положение почвы в WRB (2006 г.)	текстовый
16	Photo_file	Фотография разреза	ссылка
17	Card_file	Полевое описание почвенного разреза	ссылка
18	ParentRock_Genesis	Почвообразующая порода ( <i>генезис</i> )	текстовый
19	ParentRock_thickness	Мощность почвообразующей породы (до 0,5 м, 0,5-1,0 м, >1,0 м)	текстовый
20	Underlying_Genesis	Подстилающая порода ( <i>генезис</i> )	текстовый
21	Stone	Каменистость поверхности ( <i>слабая, средняя, сильная, очень сильная</i> )	текстовый
22	Surface_water_sinking	Скорость впитывания влаги с поверхности	числовой
23	Moistening	Водное питание ( <i>атмосферное, грунтовое, смешанное</i> )	текстовый
24	GWL	Уровень грунтовых вод (м)	числовой
25	Fertility_mark	Плодородие ( <i>балл</i> )	числовой

К настоящему моменту эта база данных включает в себя подробную информацию о 109 почвенных разрезах. Всего база данных состоит из 108 полей и содержит 417 записей. 35 разрезов характеризуют естественные почвы (бурая лесная, дерново-подзолистые различного строения профиля и гранулометрического состава, дерновые и дерново-подзолистые различной степени заболоченности и гранулометрического состава, торфяно-болотные низинные, переход-

ные и верховые), 56 – антропогенно-естественные (агродерново-карбонатные, агродерновые и агродерново-подзолистые почвы различных режимов увлажнения (естественные и осушенные) и разной степени гидроморфизма, строения почвообразующих пород и гранулометрического состава, агроторфяные) и 18 разрезов – антропогенно-преобразованные (агроземы типичные и светлые, деградотрофоземы, смытые и нарушенные). Она является открытой и постоянно пополняется.

Использование такой базы данных позволит не только отражать закономерности распространения почв, но и моделировать распространение почв на определенной территории, предсказывать их свойства, а использование подобных баз данных совместно с почвенными картами и другой картографической информацией позволит существенно расширить область их применения [13].

Комбинируя различным образом инвентаризированную в базе данных представительных профилей информацию можно получать различные виды ее выходных форм:

- таблицы средних статистических показателей отдельных свойств горизонтов или почвенного разреза без привязки или с привязкой как по территориальному признаку, так и классификационному или иному другому;
- картограммы средних статистических показателей отдельных свойств горизонтов или почвенного разреза в целом в рамках заданного территориального контура и т.д.

База данных репрезентативных почвенных профилей может использоваться как в конкретных научных и прикладных целях, так и в качестве демонстрационного материала в учебном процессе.

## ВЫВОДЫ

Все вышеизложенное позволяет заключить, что:

- созданная к настоящему времени специализированная база данных репрезентативных (представительных) почвенных профилей на 1-ом уровне обобщения Почвенной информационной системы Беларуси состоит из 109 почвенных разрезов, почвы которых занимают, в основном, доминирующее положение в выделенных полигонах электронной карты, составленной в масштабе 1:1250000 и в целом характеризуют современное состояние почвенного покрова нашей страны;
- она систематизирует всю имеющуюся в республике информацию о свойствах, состоянии и использовании почв;
- дает общее представление о компонентном составе почвенного покрова не только республики в целом, но и о преобладающих почвах, в том или ином ее регионе;
- позволяет проводить статистическую обработку систематизированной информации и представлять ее в необходимом для потребителя виде не только на данном уровне обобщения, а и на других уровнях информационной системы характеристики почвенного покрова нашей страны;
- база данных может использоваться в различных целях – научных, прикладных, образовательных.

База данных репрезентативных почвенных профилей открыта и может пополняться новой информацией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Batjes, N.H. A homogenised soil profile dataset for global and regional environmental research (WISE, version 1.1) / N.H Batjes // Report 2002/01, International Soil Reference and Information Centre. – Wageningen, 2002. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.isric.org>.
2. Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER) / Ed. V.W.P. van Engelen and T.T.Wen. – International Soil Reference and Information Centre, 1995. – 138 p.
3. Georeferenced Soil Database for Europe / P. Finke [et al.] // Manual of procedures. Version 1.1. – Edited by European Soil Bureau, 2001. – 178 p
4. The Australian Soil Resource Information System / N.J. McKenzie [et al.] // Technical specifications. Version 1.5. – 2005. – 93 с.
5. Digital Soil Mapping as a support to production of functional maps / E. Dobos [et al.] // Office for Official Publications of the European Communities. – Luxemburg, 2006. – 68 pp.
6. Почвенно-географическая база данных России / В. А. Рожков [и др.] // Почвоведение. – 2010. – № 1. – С. 3-6.
7. Номенклатурный список почв Беларуси / Н.И. Смяян [и др.]. – Минск, 2003. – 43 с.
8. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2007. – 220 с.
9. Методика сбора, ввода, обработки и интерпретации информации о почвах Беларуси (для создания геоинформационной системы характеристики почвенного покрова) / Г.С. Цытрон [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2008. – 34 с.
10. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / Г.И. Кузнецов [и др.]; под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смяяна. – Минск: Оргстрой, 2001. – 432 с.
11. Информационно-аналитическая система комплексной характеристики почвенного покрова Беларуси / Г.С. Цытрон [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1(40). – С. 19-26.
12. Специализированные почвенные базы данных различных уровней информационной системы характеристики почвенного покрова Беларуси / Д.В. Матыченков [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 1(42). – С. 21-28.
13. Грей, Дж.М. Использование глобальной почвенной базы данных для моделирования распределения почв на земле / Дж.М. Грей, Дж.С. Хамфрис, Й.Э. Деккерс. // Почвоведение. – 2007. – № 9. – С. 1041-1047.

## DATABASE OF REPRESENTATIVE SOILS PROFILES OF BELARUS

G.S. Tsytron, D.V. Matychenkov, S.V. Shul'gina

### Summary

The database of representative soil profiles was created on the first level generalization of Soil Information System of Belarus and includes detailed information



about the most common types of soil in the territory the republic, represented by 109 soil profiles with detailed bound to the territory and full set of analytical data.

*Поступила 20 октября 2010 г.*

УДК 631.44

## **КУМУЛИКОВЫЕ (НАМЫТЫЕ) ПОЧВЫ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ МОЛДОВЫ**

**Е.В. Варламов**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Почвы черноземной зоны, формирующиеся на отрицательных формах рельефа при постоянной аккумуляции сносимого плоскостной эрозией со склонов мелкоземистого материала, впервые были описаны В.В.Докучаевым [1]. Он указал на большую мощность их гумусового слоя и предложил назвать наносными. В Молдове роль делювиального процесса в образовании особых почв была исследована Е.И. Лейбом [3] и И.А. Крупениковым [2,4]. Они отметили, что делювиальный процесс как явление физико-географическое имеет почти повсеместное распространение, но энергичнее всего протекает в условиях, благоприятных для проявления поверхностной водной эрозии. В результате поверхностного смыва на шлейфах склонов и в балках накапливается сносимый материал, образуются своеобразные почвы, названные вышеуказанными авторами делювиальными. Согласно Е.И. Лейба [3] и И.А. Крупеникова [2], профиль делювиальных почв не носит строго закономерного характера, как у почв зональных. Верхний слой (пахотный) характеризуется непостоянным содержанием гумуса от – 1 до 5%. Такая вариабельность объясняется свойствами намываемого материала.

Задача наших исследований – изучить механизм влияния делювиального и пролювиального процессов осадконакопления на почвообразование в условиях черноземной зоны и дать сравнительную характеристику морфологического строения и основных свойств почв. Почвы, сформированные на делювиальных и пролювиальных наносах, названы нами кумуликовыми (от латинского слова «cumulare» – аккумуляция).

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследования проводились на специальном полигоне, расположенном на территории коммуны Лебеденко района Кахул. На шлейфах склонов и по днищам лощин и маленьких сухих долин была заложена целая серия почвенных разрезов для изучения влияния интенсивности делювиального или делювиально-пролювиального процессов осадконакопления на формирование, состав и свойства намывтых (кумулятивных) почв. В поле почвенные разрезы описывались, определялась объемная масса (плотность) каждого горизонта или слоя почв

и брались образцы на лабораторные анализы. Анализы проводились по общепринятым в почвоведении методикам. При описании почв использованы буквенные обозначения генетических горизонтов согласно номенклатуре ФАО-ЮНЕСКО [5]. Для обозначения основных горизонтов: А – гумусово-аккумулятивный; АВ – переходный горизонт по содержанию гумуса, в котором доминируют признаки горизонта А; В – переходный горизонт по содержанию гумуса; ВС – почвообразующая порода, очень слабо измененная почвообразованием (с содержанием гумуса менее 1%); С – почвообразующая порода практически без гумуса.

Для подчеркивания каких-либо дополнительных признаков основных почвенных горизонтов или слоев были использованы следующие прописные буквы, добавленные к главным: р – для обозначения пахотного слоя; h – для обозначения горизонтов, в которых содержание гумуса более 1%; b – для обозначения погребенных гумусовых горизонтов; w – для обозначения камбиковых (оглиненных «in situ») горизонтов; k – для обозначения горизонтов, содержащих карбонатов. Слои почв, сформированные из современных наносов, обозначены романскими цифрами – I, II, III.... Для подчеркивания наличия у слоев некоторых особых морфологических признаков к цифрам прибавляются прописные буквы, например: lh – слой с содержанием гумуса больше 1%, lp – пахотный слой.

В лаборатории во взятых почвенных образцах определены: гигроскопичность, максимальная гигроскопичность; гранулометрический состав; рН; удельный вес; содержание гумуса и карбонатов и др.

Результаты полевых и лабораторных исследований были обобщены и систематизированы, что позволило выявить закономерности формирования кумуликовых почв, дать характеристику их состава и свойств, уточнить некоторые особенности генезиса и определить степень их пригодности для сельскохозяйственного использования.

Ввиду разного толкования понятий делювиальный и пролювиальный процессы осадконакопления, считаем нужным дать их дефиницию. Под делювиальным процессом мы понимаем накопление в нижней части склонов или в днищах лощин хорошо отсортированного материала, смываемого со склонов ручейковой (плоскостной) водной эрозией. Пролувиальный процесс осадконакопления вызван крупными временными водотоками, возникающими во время проливных дождей. Материал этих отложений более грубый, менее отсортированный [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полигон, на котором проводились исследования, имеет площадь 1010 га и характеризуется следующими особенностями:

- наличием сильно расчлененного увалисто-холмистого рельефа и лессовидным характером почвообразующих пород;
- повсеместным проявлением плоскостной и микроложбинной водной эрозии на склонах увалов;
- накоплением сносимого эрозией со склонов материала на шлейфах склонов, в лощинах, пролювиальных долинах и других отрицательных формах рельефа;
- автоморфным характером почвообразования, обусловленным глубоким стоянием уровня грунтовых вод (даже в сухой долине грунтовые воды залегают глубже 50 м).

На обследованном участке были заложены 16 разрезов для характеристики делювиальных почв. Соотношение на территории полигона разных почв следующее: незродированные – около 16%; эродированные – 72%; наносные – 12% от общей площади. Таким образом, наносные почвы представляют собой хотя и небольшой по площади, но постоянный и характерный компонент почвенного покрова. Они занимают шлейфы склонов с уклоном 1-3<sup>0</sup>, днища небольших лощин с уклоном 0,5-1<sup>0</sup>, поверхность сухой пролювиальной долины с уклоном меньше 0,5<sup>0</sup>.

С точки зрения положения по рельефу и генезиса наносного материала в пределах полигона выделяются почвы делювиального происхождения, расположенные на шлейфах склонов и по днищам небольших лощин, и пролювиального происхождения, занимающие поверхность широкой сухой балочной долины. Проведенные исследования показали, что кумуликовые почвы, развитые на делювиальных наносах, имеют, как правило, нормальный изогумусовый профиль. Они отличаются от зональных почв, в основном, только большей мощностью гумусового профиля, более высоким содержанием гумуса, слабой выраженностью или полным отсутствием иллювиального карбонатного горизонта. Эти почвы иногда кольматированы с поверхности. В таком случае кумуликовые изогумусовые почвы погребены под менее гумусированным пахотным слоем.

Почвы пролювиального происхождения занимают относительно широкую и пологую долину центральной балки полигона и характеризуются разделением профиля на две части: верхнюю, состоящую из молодых пролювиальных наносов (мощностью более 50 см) и нижнюю – погребенную на различную глубину полноразвитую изогумусовую почву.

В прошлом, когда территория не распаивалась, соотношение между пролювиальным и делювиальным процессами накопления наносов, с одной стороны, и почвообразовательным процессом, с другой, было другим. Свежие наносы с высоким содержанием гумуса, приносимые в небольших количествах по причине незначительного проявления эрозии на целинных почвах склонов, быстро вовлекались в почвообразовательный процесс. Слабое проявление делювиального и пролювиального процессов накопления наносов в условиях целины не приводило к радикальному изменению сущности и направленности процесса почвообразования.

После сплошной распашки территории интенсивность эрозионных процессов многократно усилилась и скорость накопления делювиальных и особенно пролювиальных наносов значительно увеличилась. Этим нарушилось равновесие между почвообразовательным процессом и процессом накопления наносов в сторону резкого преобладания последнего над первым. Быстрое накопление свежих делювиальных и особенно пролювиальных малогумусовых наносов на уже сформировавшихся почвах привело к изменению состава и свойств их пахотного слоя или к формированию мощной толщи новых слоев и погребению на большую глубину первоначальных почв. Процесс усиленной кольматации и постепенного погребения первоначальных полнопрофильных изогумусовых почв в настоящее время относительно слабо выражен при делювиальном и интенсивно протекает при пролювиальном накоплением наносов. Таким образом, делювиальные почвы могут быть изогумусными или слабо-, средне- и сильнокольматированными. Мощность менее гумусированных наносов над погребенной почвой совпадает с мощностью пахотного слоя и редко достигает до 50 см. Различие в содержании гумуса в кольматированном слое и гумусовым горизонтом первоначальной почвы обычно небольшое.

Пролювиальный процесс накопления наносов, по причине развития на распаханых склонах микроложбинной эрозии, усилился значительно. Например, в 1991 г. во время лишь одного очень мощного ливневого дождя, в долину балки исследуемого участка был принесен слой свежих наносов средней мощностью около 5 см. Поэтому пролювиальные почвы характеризуются большой мощностью слоев молодых неомогенизированных, малогумусовых наносов, содержание гумуса в которых зачастую на 1-2% меньше, чем в гумусовом горизонте погребенной почвы. Ниже, на примере данных по самым типичным профилям, приводим характеристику морфологических признаков, состава и свойств кумуликовых почв делювиального и пролювиального происхождения в сравнении с зональной почвой (табл. 1).

Таблица 1

**Состав и свойства полнопрофильной почвы водораздела и кумуликовых почв шлейфов склонов и понижении на территории коммуны Лебеденко района Кахул**

Горизонты и глубина, см	Фракций, мм; содержание, %		Гигроскопическая влага, %	Максимальная гигроскопичность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Гумус, %	СаСО <sub>3</sub> , %	pH
	< 0,01	< 0,001						
Разрез 1. Чернозем обыкновенный среднегумусовый со среднемощным гумусовым профилем тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках, пахотный (водораздел)								
Ahp 0-30	47,3	26,6	3,9	7,4	1,20	3,12	0	7,1
Ah 30-41	48,4	28,4	4,1	7,7	1,31	2,70	0	7,2
Bhk1 41-60	48,5	28,9	3,8	7,9	1,37	2,36	7,2	7,7
Bhk2 60-80	49,0	28,9	3,5	7,8	1,41	1,35	12,9	7,9
BCk1 80-90	48,0	26,4	3,3	7,2	1,42	0,90	17,9	8,0
BCk2 120-130	46,6	26,1	2,6	6,1	1,43	0,64	19,5	8,1
Ck 140-160	45,1	25,7	2,5	5,7	1,42	0,37	17,8	8,1
Разрез 35. Чернозем кумуликовый (намытый) камбиковый среднегумусовый с очень мощным изогумусовым профилем тяжелосуглинистый на делювиальных отложениях, пахотный (дно лощины, уклон <1,0 <sup>0</sup> )								
Ahp 0-30	51,9	28,6	3,2	7,3	1,23	3,29	0	7,2
Ahw 30-40	56,5	32,4	3,3	7,9	1,29	3,01	0	7,2
Ahw 40-55	56,3	32,4	3,4	8,3	1,38	2,84	0	7,2
Bhw <sub>1</sub> 55-79	58,5	33,1	3,4	8,3	1,43	2,27	0	7,2
Bhw <sub>1</sub> 79-90	58,9	33,5	3,4	8,0	1,47	1,89	0	7,2
Bhw <sub>2</sub> 90-105	57,5	30,7	3,2	7,9	1,49	1,47	0	7,2
Bhw <sub>2</sub> 105-125	57,8	30,7	3,1	7,6	1,51	1,24	0	7,2
BCw 125-145	48,4	28,5	3,0	7,5	1,56	0,83	0	7,2
BCk 145-160	45,7	27,0	2,8	6,9	1,50	0,59	0,5	7,5
Ck 200-225	44,5	26,8	2,7	6,8	1,44	0,40	0,6	7,8
Разрез 37. Чернозем кумуликовый (намытый) камбиковый сильнокольматированный среднегумусовый с очень мощным гумусовым профилем средним и тяжелосуглинистый на делювиальных отложениях, пахотный (дно лощины, уклон около 1,0 <sup>0</sup> )								
Ihp 0-34	41,7	22,0	3,1	7,1	1,27	2,27	0,3	8,0
IIh 34-49	42,3	22,1	3,2	7,5	1,39	2,78	0,2	7,9

Горизонты и глубина, см	Фракций, мм; содержание, %		Гигроскопическая влага, %	Максимальная гигроскопичность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Гумус, %	СаСО <sub>3</sub> , %	рН
	< 0,01	< 0,001						
Ahw 49-81	47,6	27,0	3,4	8,2	1,40	3,82	0	7,4
Ahw 81-104	49,0	28,7	3,3	8,4	1,44	3,69	0	7,3
ABhw 104-128	49,9	28,8	3,2	8,4	1,48	3,01	0	7,3
Bhw1 128-150	47,6	28,6	3,0	8,0	1,49	2,22	0	7,3
Bhw2 150-180	47,3	29,0	2,9	7,8	1,52	1,89	0	7,3
Bhw2 180-200	45,6	28,8	2,9	7,4	1,54	1,42	0	7,3
Bhw2 200-220	44,8	28,7	2,9	7,4	1,52	1,28	0	7,3
BCw 220-250	44,4	27,7	2,9	7,3	1,52	0,98	0	7,3
Разрез 33. Кумуликовая (намытая) типичная (слоистая) почва черноземной зоны малогумусовая среднесуглинистая с неглубоко погребенным черноземом кумуликовым среднегумусовым изогумусовым тяжелосуглинистым сверхмощная на пролювиальных отложениях, пахотная (верхняя часть сухой долины, уклон 0,5 <sup>0</sup> )								
Ihpk 0-38	41,0	24,8	3,0	6,7	1,29	2,44	1,7	8,1
IIhk 38-50	41,0	25,6	3,1	6,9	1,38	2,44	2,1	8,0
IIIhk 50-65	42,2	25,5	3,2	7,1	1,40	2,49	1,3	8,0
IVhk 65-87	43,1	27,0	3,3	7,5	1,42	2,89	0,7	7,9
Ahkb 87-111	47,0	27,7	3,4	8,0	1,40	3,23	0,4	7,8
Abwkb 111-136	47,6	30,7	3,6	8,2	1,43	2,66	0,4	7,8
Bhwkb 136-160	48,0	30,8	3,3	7,7	1,47	1,93	1,9	8,0
Bhwkb 160-190	47,3	30,8	2,8	7,3	1,48	1,38	4,4	8,1
BCk 190-200	47,4	28,5	2,7	6,9	1,45	0,91	5,9	8,2

Зональным подтипом почв на территории исследуемого полигона являются черноземы обыкновенные (табл. 1, разрез 1). Они характеризуются профилем следующего типа: Ahp → Ah → Bhk1 → Bhk2 → BCk1 → BCk2 → Ck. Имеют мощность гумусового слоя (суммарная мощность горизонтов Ahp + Ah + Bhr1 + Bhk1) в пределах 75-80 см. Выщелочен от карбонатов только горизонт Ah (до глубины 35-40 см). Иллювиально-карбонатный горизонт хорошо выражен, максимальное накопление карбонатов в пределах 19-20% наблюдается в горизонте BCk2 на глубине 90-130 см. Содержание гумуса в пахотном слое почв варьирует в пределах 3,1-3,3%. Гранулометрический состав почвообразующей породы (горизонт C) среднесуглинистый, а гумусового профиля почвы – тяжелосуглинистый. Наблюдается слабое оглинение средней части профиля почвы по сравнению с почвообразующей породой. Содержание фракции крупного и среднего песка незначительное – 0-0,3%, мелкого песка – 7-10%, крупной пыли – 43-45%, ила – 25-26% в горизонте BC и C и 26-29% в горизонтах A и B. Объемная масса горизонта Ahp – 1,10-1,30 г/см<sup>3</sup>, Bhk – 1,37-1,41 г/см<sup>3</sup>, BC и C – 1,41-1,45 г/см<sup>3</sup>. Реакция нейтральная в горизонте Ah (рН = 7,0-7,5) и слабощелочная в остальной части профиля.

**Разрез 35** заложен в средней части небольшой лощины, уклон 0,5-1,0<sup>0</sup>. Эрозия на окружающих склонах слабая. Почва развивается в условиях слабого проявления делювиального процесса накопления наносов и имеет нормальный

изогумусовый профиль следующего типа: Ahp → Ahw → Bhw1 → Bhw2 → BCw → BCk → Ck. Суммарная мощность гумусовых горизонтов (Ahp + Ahw + Bhw1) – 125 см, т.е. на 45-50 см больше, чем у зональной почвы; содержание гумуса в аналогичных генетических горизонтах примерно такое же. Морфологически отличается от зональной почвы отсутствием иллювиально-карбонатного горизонта, оглинением профиля в целом и особенно его средней части. Метаморфический или камбиковый горизонт Bhw хорошо выражен и характеризуется существенной оглинённостью, высокой плотностью (1,43-1,56 г/см<sup>3</sup>), призмовидно-ореховатой структурой, бурой окраской. Пахотный слой менее оглинен, так как в него постоянно поступают свежие наносы со склонов.

Гранулометрический состав почвы тяжелосуглинистый, почвообразующей породы – среднесуглинистый. Содержание ила в пахотном слое – 28-29%, в камбиковых горизонтах – 31-34%, в почвообразующей породе – 26-27%. Карбонаты выщелочены из всего профиля и обнаруживаются в количестве 0,4-0,6% в горизонтах BC и C на глубине 145-220 см. Таким образом, в результате постепенно протекающего делювиального процесса накопление наносов и изменения водного режима за счет поверхностного натека сформировалась кумуликовая почва с изогумусовым профилем, относящаяся к подтипу черноземов кумуликовых камбиковых с большой суммарной мощностью гумусовых горизонтов. Реакция почвы нейтральная по профилю и слабощелочная в гор. BCk и Ck.

**Разрез 37** заложен на люцерновом поле в относительно узкой части долины центральной балки, заполненной делювиальными и пролювиальными наносами, уклон 0,3-0,5<sup>0</sup>. До распашки склонов в узкой части долины балки преобладал делювиальный процесс накопления осадков, в настоящее время более выражен пролювиальный процесс осадконакопления. Верхний (0-49 см) слой почвы состоит из свежих пролювиальных отложений среднесуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в пахотном слое – 2,27%, в подпахотном слое – 2,78%, в горизонте Ahw погребенной почвы – 3,86%. Общая мощность гумусированных горизонтов – 220 см. Гранулометрический состав горизонтов Ahw и Bhw погребенной почвы – тяжелосуглинистый, горизонта BCw – среднесуглинистый. Содержание ила в верхнем слое пролювиальных наносов – 22%, в гор. Ahw погребенной почвы – 27-28%, в гор. Bhw – 28-29%, в горизонте BCw – 27-28%. Погребенная почва оглинена по всему профилю, камбиковый горизонт выражен. Содержание карбонатов в верхнем слое свежих пролювиальных наносов – 0,2-0,3%. Погребенная почва выщелочена от карбонатов. Реакция пролювиальных наносов и верхних горизонтов погребенной почвы слабощелочная, средней и нижней частей профиля погребенной почвы – нейтральная.

**Разрез 33** расположен в верхней части долины центральной балки на поле с уклоном 0,3-0,5<sup>0</sup>. Почва сформировалась на слоистых пролювиальных суглинистых наносах и состоит их верхнего слоя среднесуглинистых малогумусовых молодых пролювиальных отложений мощностью 87 см, под которыми залегает полноразвитая погребенная кумуликовая изогумусовая почва тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Содержание ила в пролювиальных наносах – 24-26%, в горизонте Ah погребенной почвы – 27-28%, в горизонте Bhw – 30-31% в гор. BCw – 28-29%. Камбиковый процесс в горизонт Bhw погребенной почвы средневыражен. Почва вскипает по всему профилю, содержание карбонатов до-

стигает 1-2% в слое молодых пролювиальных наносов, 0,4-0,7% в горизонтах Ah и ABhw – погребенной почвы, 1,9% в горизонте Bhw и 2-6% в горизонте BCk. До распашки и начала интенсивного поступления на поверхности почвы свежих карбонатных пролювиальных наносов большая часть профиля погребенной почвы, по всей вероятности, была выщелочена от карбонатов.

Суммарная мощность горизонтов с содержанием гумуса более 1% равна 190 см. Содержание гумуса в толще молодых пролювиальных наносов примерно одинаковое и изменяется в пределах 2,44-2,49%. Такая гомогенизация пролювиальных слоистых отложений является результатом их ежегодного перемешивания в пахотном слое. Почва названа кумуликовой типичной малогумусовой суглинистой с неглубоко погребенным (50-100 см) черноземом кумуликовым изогумусовым среднегумусовым тяжелосуглинистым.

Характеристика наносных почв полигона исследований, сформировавшихся при постоянном проявлении делювиального или пролювиального процессов, указывает на исключительно большое разнообразие их состава и свойств.

### ВЫВОДЫ

1. В условиях расчлененного рельефа Молдовы, в результате развития эрозии на склонах, широко распространены процессы делювиального и пролювиального накопления продуктов смыва у подножья склонов, в лощинах, долинах балок и в других отрицательных формах рельефа, что приводит к образованию своеобразных синаккумулятивных почв, названными нами кумуликовыми от латинского слова «*simulare*» (аккумуляировать).

2. Влияние делювиального и пролювиального процессов на почвообразование осуществляется через:

- изменение водного режима почв в сторону его улучшения за счет дополнительной воды поверхностного стока;
- постоянный принос и вовлечение в почвообразовательный процесс нового почвенного материала разной степени гумусированности.

3. Улучшение водного режима почв отрицательных форм рельефа за счет поверхностного натека в условиях черноземной зоны приводит к усилению элементарных почвообразовательных процессов (гумусонакопления, оглинения, выщелачивания), а зачастую и к возникновению гидроморфизма, что может привести к образованию почв, существенно отличающихся от зональных.

4. Качество и количество пролювиальных и делювиальных наносов зависит от интенсивности проявления эрозионных процессов на склонах, степени эродированности и, соответственно, степени гумусированности современных склонов почв, уклонов аккумулялирующих поверхностей, определяющих скорость водных струй или временных потоков.

5. В прошлом, когда территория Молдовы не распаивалась и ускоренная водная эрозия не была развита, процессы пролювиального и делювиального накопления наносов протекали медленно и равномерно, приносимый материал был хорошо отсортирован, характеризовался большим содержанием гумуса и быстро вовлекался в почвообразование. Делювиальный и пролювиальный процессы и дополнительный поверхностный сток воды приводили к образованию в основном изогумусовых почв с мощным гумусовым профилем, зачастую более выщелоченным от карбонатов, чем у зональных почв.

6. Сплошное распахивание территории республики привело к многократному усилению эрозии почв на склонах и интенсификации процессов делювиального и пролювиального накопления наносов. Эти наносы, зачастую малогумусовые, уже не успевают вовлекаться в местный почвообразовательный процесс и накапливаются большими толщами над первоначальными почвами. Образуются своеобразные кумуликовые типичные слоистые почвы делювиального или пролювиального происхождения, значительно менее гумусированные и более легкого гранулометрического состава, чем погребенные кумуликовые изогумусовые почвы.

7. Кумуликовые типичные (слоистые) почвы делювиального или пролювиального происхождения, в зависимости от конкретных условий образования, характеризуются чрезвычайно большим разнообразием состава и свойств, имеют интервальную природу и не могут быть охарактеризованы какими-либо однозначными параметрами.

8. Собранный цифровой материал по характеристике делювиальных и пролювиальных почв позволяет разработать их научно-обоснованную классификацию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Докучаев, В.В. Естественно – историческая классификация русских почв. Избранные сочинения / В.В. Докучаев. – М.: Гос. изд. сельз. литературы, 1954. – С. 287-320.
2. Крупеников, И.А. Классификация и систематический список почв Молдавии / И.А. Крупеников, Б. П. Подымов. – Кишинев: Штиинца. 1987. – 157 с.
3. Лейб, Е.И. Особенности строения профиля делювиальных почв / Е.И. Лейб // Генезис, география и классификация почв Молдавии – Кишинев: Штиинца, 1973. – С. 103-118.
4. Почвы Молдавии. Генезис, экология, классификация и систематическое описание почв / Под ред. А.Ф. Урсу, И.А. Крупеников, Д.М. Балтянский. – Кишинев: Штинца, 1984. – 351 с.
5. Почвенная карта мира. Пересмотренная легенда. – Рим: ФАО-ЮНЕСКО, 1990. – 136 с.
6. Щукин, И.С. Общая геоморфология / И.С. Щукин. – М.: Изд-во МГУ, 1960. – 615 с.

#### CUMULIC (SEDIMENT) SOILS OF THE CHERNOZEMIC ZONE OF MOLDOVA

E.V. Varlamov

##### Summary

Cumulic (sediment) soils formed from alluvium with elevated landforms at the foot of the slopes, in ravines, gullies and alluvial fans of the material of the upper layers of soil or material forming rocks. They are formed by a combination of deluvial, colluvial or proluvial of sedimentation with the process of soil formation. Depending on the intensity of soil-forming process, rhythm and rate of accumulation of sediment



material, the degree of humus content and grain size, forming a very broad spectrum cumulic (sediment) soils – from less developed to fully-developed, from thin to super, from weakly humus to humus, from sandy to clay.

*Поступила 17 июля 2010 г.*

УДК 631.44

## КЛАССИФИКАЦИЯ КУМУЛИКОВЫХ (НАМЫТЫХ) ПОЧВ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ МОЛДОВЫ

**В.В. Чербарь, Е.Б. Варламов**

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

### ВВЕДЕНИЕ

Намытые (делювиальные, наносные) почвы в Молдове занимают около 5% от общей площади Республики. Правильная классификация этих почв имеет важное значение для определения их бонитета и агрономической ценности.

Первую, не потерявшую значение до настоящего времени, классификацию наносных почв дал В.В. Докучаев [1]. Он выделил две их группы: наземно-наносные с мощным изогумусовым профилем и типичные наносные, которые не обнаруживают по мере углубления никакого правильного уменьшения или увеличения как гумуса, так и мелкозема и вообще важнейших для растений питательных веществ.

Согласно В.В. Докучаеву [1] первая группа почв, т.е. наземно-наносные, обязана своим происхождением частью тем же процессам, что и нормальные сухопутно-растительные почвы, частью же – наносной механической силе проточной воды, хотя и всегда в пределах суши. Данные почвы залегают исключительно в нижней части склонов и по низменностям в виде спорадических островков, они всегда мелкоземнистые, плодороднее и лучше чем наземно-растительные (нормальные). Мощность их есть величина крайне непостоянная, и изменяется по мере поступления наносов с прилегающих территорий.

Вторая группа почв, т.е. типичные наносные, лежат не на тех горных породах, из которых они образовались, в их современном состоянии принимала деятельное участие проточная вода, поэтому в профиле заметна известная сортировка составных элементов, часто и слоистость, и не развиты генетические горизонты.

Любая наносная почва, по В.В. Докучаеву [1], будет оставаться таковою только до тех пор, пока продолжается интенсивный процесс накопления наносов. По окончании этого процесса она станет постепенно изменяться и превратится со временем в сухопутно-растительную. Таким образом, ясно, что В.В. Докучаев допускал наличие целого ряда переходных стадий почвообразования в процессе эволюции типичных наносных почв в наземно-наносные с генетически дифференцированным профилем.

Следует отметить, что после В.В. Докучаева классификация наносных почв не только не была усовершенствована, но, с нашей точки зрения, усложнена

и запутана. На крупномасштабных почвенных картах они выделялись как намытые без разделения или с разделением по степени намытости с учетом общей мощности гумусового профиля или мощности толщи относительно молодых (свежих) наносов над первоначальной почвой.

Наиболее полный обзор классификаций намытых почв дан в работе Г.А. Пресняковой [6]. Она отмечает, что первое обоснованное подразделение намытых почв на группы принадлежит А. Костюченко (1937), которая по мощности намытого слоя над первоначальной нормальной почвой выделяет три их группы: малонамытые – намыто 10-20%; средненамытые – намыто 20-40%; сильнонамытые – намыто более 40 % от мощности гумусового горизонта первоначальной почвы, находящейся под намытым слоем. Этой классификационной схемой дана таксономия только типично-наносных почв по В.В. Докучаеву и не приведена классификация наземно-наносных изогумусных почв.

В румынской классификации почв 1980 г. [8] намытые почвы выделяются на уровне подтипа и названы «кумуликовыми». К кумуликовым отнесены только намытые изогумусные почвы, (наземно-наносные согласно В.В. Докучаеву) с мощностью горизонта А больше 75 см, образованном в результате постепенной кольматации почв гумусированным материалом сносимого со склонов.

Термин «кумулик» происходит от латинского слова «cumulare» – аккумулялировать (в связи с аккумуляцией осадков) и рекомендован ФАО ЮНЕСКО в качестве формативного элемента второго уровня для наименования почвенных единиц. Использование данного термина для наименования наносных почв вообще (не только изогумусовых) следует признать вполне удачным.

В Республике Молдова до 1980 г. наносные почвы выделялись на почвенных картах под названием намытые с указанием их генетической принадлежности к тому или иному зональному или интразональному типу (черноземы намытые, лугово-черноземные намытые, луговые намытые и т.д.). Степень намытости почв определялась по общей мощности профиля с содержанием гумуса более 1%: слабонамытые – 80-120 см; средненамытые – 120-160 см; сильнонамытые – более 160 см.

В последующем классификацию намытых почв в Молдове разрабатывали И.А. Крупеников [2,4] и Е.И. Лейб [3]. Они предложили назвать эти почвы делювиальными по наименованию одного из геологических процессов накопления наносов. К делювиальным отнесли только те почвы, которые имели современно намытый слой наносов над первоначальной, ныне погребенной, почвой. По мощности современных наносов над первоначальной почвой Е.И. Лейб [3] разделил делювиальные почвы на три категории: слабонамытые – мощность намытого слоя до 40 см; средненамытые – 40-80 см; сильнонамытые – свыше 80 см. Такие количественные градации автором предложены по следующим соображениям: 40 см – это примерная мощность гор. А почв Молдовы, зона максимального распространения корней полевых культур; 80 см – предельная глубина плантажной обработки почв, общепринятая граница между среднемошными и мощными черноземами, зона распространения основной массы корней многолетних плодовых деревьев.

Классификация намытых почв, предложенная Е.И. Лейбом [3], по своей сущности близка к классификациям намытых почв, предложенных А. Костюченко и др. Предложение же назвать эти почвы по наименованию геологического

процесса накопления наносов является существенным отходом от принципов генетического почвоведения, т.к. этот процесс не раскрывает генетическую сущность почв. С одинаковым успехом (причем, возможно, это было бы правильнее) почвы, названные Е.И. Лейбом [3] делювиальными, можно назвать пролювиальными, т.к. существенное накопления современных наносов над первоначальными почвами возможно только в результате их переноса и отложения ливневыми (пролювиальными) потоками.

В 1987 г. вариант классификации делювиальных почв предложили И.А. Крупеников и Б.П. Подымов [4]. Они выделили эти почвы на уровне типов и подтипов (черноземы делювиальные, лугово-черноземные делювиальные и т.п.) и разделяли их на роды по типу структурных отдельностей верхних горизонтов, глубине залегания карбонатов, наличию признаков засоления, оглеения и солонцеватости. Кроме того они выделили техногенные роды данных почв – орошаемые, осушенные, мелиорированные, вторично засоленные, вторично заболоченные. Роды делювиальных почв разделили на виды по суммарной мощности горизонтов с содержанием гумуса более 1%, по содержанию гумуса в верхнем горизонте (пахотном слое), по засолению, солонцеватости и т.д.

Главным недостатком данной классификации является попытка выделения родов почв по типу структурных отдельностей и характеру сложения почвообразующих пород. Хотя тип структуры верхнего горизонта в определенной мере отражает генезис делювиальных почв, все же этот признак слишком условный и никем не используется для выделения классификационных таксонов почв. В целом же предложенная классификация очень громоздкая и слабо обеспечена количественными диагностическими показателями.

На крупномасштабных почвенных картах почвоведы института Молдгипрозем выделяли делювиальные почвы как черноземы намытые, лугово-черноземные намытые и т.д. При этом разделение намытых почв по степени намытости проводилось с учетом общей мощности гумусовых горизонтов с содержанием гумуса более 1%: слабонамытые (80-120 см); средненамытые (120-160 см); сильно-намытые (160-200см); очень сильнонамытые (более 200 см). Не вдаваясь в подробности оценки недостатков и достоинств упомянутых классификаций, отметим явное их различие друг от друга.

В заключение отметим, что все же наиболее удачную классификацию наносных почв на высоком таксономическом уровне разработал В.В. Докучаев. Последующие классификации внесли определенный вклад в оценку количественного проявления наносного процесса у типичных наносных почв (согласно В.В. Докучаева), но совершенно упустили из виду классификацию наносных изогумусных почв (наземно-наносных согласно В.В. Докучаеву).

Номенклатура наносных почв по наименованию геологического процесса не может раскрывать сущность генезиса и особенности их состава и свойств. Намытые почвы, образованные на наносных разного происхождения, могут принадлежать к одним и тем же классификационным единицам. Наиболее универсальным наименованием наносных (намытых) почв, с нашей точки зрения, является термин «кумуликовые почвы». В целом же все почвы, образование которых связано с сочетанием почвообразовательного процесса с процессом накопления наносов (почвообразующего материала), следует объединить в одну большую группу синаккумулятивных почв. В генезисе синаккумулятивных (куму-

ликовых) почв преобладает то первый (почвообразовательный процесс), то второй (процесс аккумуляции наносов) процесс. Это обуславливает большое разнообразие в строении профиля, составе и свойствах синаккумулятивных (кумулятивных) почв.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Исследования проводились как на специальном полигоне, расположенном на территории коммуны Лебеденко района Кахул, так и по всей территории республики в процессе крупномасштабной почвенной съемки земель Теленештского района и других объектов. Методы исследований описаны в предыдущей работе.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В результате исследования многочисленных профилей кумуликовых (намытых) почв черноземной зоны Молдовы, сформировавшихся под влиянием делювиального и пролювиального процессов накопления почвенного материала, смываемого со склонов, предложена их классификация, составленная с учетом:

- генетической принадлежности кумуликовых почв к тому или иному подтипу черноземов или к интразональным почвам черноземной зоны;
- мощности толщи недифференцированных на генетические горизонты наносов над первоначальной изогумусовой почвой или степени кольматации ее верхнего 0-50 м слоя;
- общей мощности слоев и горизонтов с содержанием гумуса более 1%;
- глубины погребения изогумусовых почв в случае мощности наносов, перекрывающих почву более 50 см;
- степени гумусированности пахотного слоя.

С учетом генетической принадлежности кумуликовые почвы относятся к тому или иному зональному подтипу черноземов или к интразональным полугидроморфным и гидроморфным почвам черноземной зоны.

С учетом соотношения между совместно идущими процессами накопления наносов, с одной стороны и процессами почвообразования с другой, предлагается выделить следующие 3 таксона высокого порядка кумуликовых почв:

- кумуликовые изогумусовые – почвы с постепенно уменьшающимся содержанием гумуса по профилю;
- кумуликовые изогумусовые кольматированные – толщина слоя наносов (недифференцированного на генетические горизонты) над первоначальной кумуликовой изогумусовой почвой не превышает 50 см;
- кумуликовые типичные – почвы, сформированные из наносов недифференцированных на генетические горизонты, и почвы, у которых толщина слоя наносов над первоначальной кумуликовой изогумусовой почвой больше 50 см.

Кумуликовые типичные почвы черноземной зоны после прекращения процесса поступления новых наносов постепенно эволюционируют в нормальные зональные почвы с большой мощностью гумусового слоя.

В табл. 1 приведена классификация кумуликовых изогумусовых почв по степени кольматации верхней части их профиля.

*Таблица 1*

**Классификация кумуликовых изогумусовых почв по степени кольматации свежими наносами верхней части их профиля**

№ п/п	Степень кольматации почв	Толщина слоя наносов над кумуликовой целинной почвой, см	Содержание гумуса в пахотном слое кольматированной кумуликовой изогумусовой почвы
1	Слабокольматированная	< 10	Меньше чем в подпахотном горизонте, но в пределах содержания гумуса в горизонте Ahp зонального подтипа черноземов
2	Среднекольматированная	10-30	В пределах содержания гумуса в горизонте Bh1 зонального подтипа черноземов
3	Сильнокольматированная	30-50	Мощность слоя наносов больше пахотного слоя, но меньше 50 см
4	Кумуликовая типичная почва	> 50	Слой наносов над изогумусовой почвой больше 50 см

Степень кольматации кумуликовых изогумусовых почв определяется по изменению содержания гумуса и окраски пахотного слоя в результате поступления в него менее гумусированных наносов со склонов.

Для расчета бонитета и определение плодородия кумуликовых почв важное значение имеет содержание гумуса в пахотном слое этих почв и мощность их гумусового профиля с содержанием гумуса более 1%. Принятые в Молдове градации почв по этим двум показателям приведены в табл. 2 и 3.

*Таблица 2*

**Классификация кумуликовых почв по содержанию гумуса в пахотном слое**

№ п/п	Наименование	Содержание гумуса, % в слое 0-30 см
1	Гумусовые	> 4
2	Среднегумусовые	3-4
3	Малогумусовые	2-3
4	Слабогумусовые	1-2
5	Очень слабогумусовые	<1

В нижней части кумуликовой типичной почвы часто появляется погребенная кумуликовая изогумусовая почва. Классификация кумуликовых типичных почв по этому признаку дана в табл. 4. Классификация кумуликовых почв по сте-

пени засоления, солонцеватости, оглеения и др. производится по шкалам, принятым для зональных и интразональных почв [7].

*Таблица 3*

**Классификация кумуликовых почв по суммарной мощности слоев и горизонтов с содержанием гумуса более 1%**

№ п/п	Наименование	Суммарная мощности слоев и горизонтов с содержанием гумуса более 1%, см
1	Со сверхмощным гумусовым профилем	> 160
2	С очень мощным гумусовым профилем	120-160
3	С мощным гумусовым профилем	80-120
4	Со среднемощным гумусовым профилем	60-80
5	Со среднемощным укороченным гумусовым профилем	40-60
6	С маломощным гумусовым профилем	20-40
7	С очень мощным гумусовым профилем	< 20

*Таблица 4*

**Классификация кумуликовых типичных почв по глубине погребения кумуликовой изогумусовой почвы**

№ п/п	Наименование	Глубина погребения первоначальной почвы под слоем недифференцированных на генетические горизонты наносов, см
1	Неглубоко погребенная	50-100
2	Погребенная на средней глубине	100-150
3	Погребенная на большой глубине	> 150

**ВЫВОДЫ**

1. Пересмотр классификации кумуликовых (намытых) почв черноземной зоны базируется на следующих научных положениях:

- понятия, что кумуликовые (намытые) почвы являются результатом конкретно установившегося равновесия между пролювиальным и делювиальным процессами накопления наносов с одной стороны и местным процессом почвообразования, с другой;
- тезиса В.В. Докучаева о наличие наземно-наносных почв с мощным изогумусовым профилем и типичных наносных, которые не обнаруживают, по мере углубления никакого правильного уменьшения или увеличения как гумуса, так и мелкозема вообще, важнейших для растений питательных веществ.

2. Для наименования наносных почв использован термин «кумуляик», который происходит от латинского слова «cumulare» – аккумуляция (в связи с аккумуляцией осадков) и рекомендован ФАО ЮНЕСКО в качестве формативного элемента для наименования почвенных единиц.

3. При разделении кумуликовых почв на изогумусовые и типичные использовано рекомендация ФАО ЮНЕСКО о том, что если первоначальная почва погребена глубже 50 см, то почва получает название с учетом состава и свойств вышележащей толщи наносов.

4. Предложенная классификация кумуликовых почв позволяет лучше раскрыть особенности их формирования и правильно определить их пригодность для сельскохозяйственного использования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Докучаев, В.В. Естественно – историческая классификация русских почв. Избранные сочинения. / В.В. Докучаев М.: Гос. изд. сельскохоз. литературы, 1954. – С. 287-320.
2. Крупеников, И.А. Классификация и систематический список почв Молдавии / И.А. Крупеников, Б.П. Подымов. – Кишинев: Штиинца, 1987 – 157 с.
3. Лейб, Е.И. Особенности строения профиля делювиальных почв / Е.И. Лейб // Генезис, география и классификация почв Молдавии – Кишинев: Штиинца, 1973, с. 103-118.
4. Почвы Молдавии. / Под ред. А.Ф. Урсу, И.А. Крупеников, Д.М. Балтянский. – Кишинев: Штинца, 1984. – 351 с.
5. Почвенная карта мира. Пересмотренная легенда. – Рим: ФАО-ЮНЕСКО, 1990. – 136 с.
6. Преснякова, Г.А. О классификации намывных почв. / Г.А. Преснякова // Почвоведение. 1959. – № 10. – с. 71-78.
7. Cerbari, V. Sistemul de clasificare si bonitare a solurilor Republicii Moldova pentru elaborarea studiilor pedologice / V. Cerbari. – Ch.: Pontos, 2001. – 103 p.
8. Sistemul Roman de Clasificare a Solurilor. – Bucuresti, 1980. – 173p.

## CLASSIFICATION OF CUMULIC (SEDIMENT) SOILS OF THE CHERNOZEMIC ZONE OF MOLDOVA

V.V. Cherbar', E.B. Varlamov

### Summary

The classification cumulic (sediment) soils of the chernozemic zone of Moldova compiled taking into account: the genetic affiliation izohumus cumulic soils to a particular subtype of chernozem; capacity of young (fresh) sediments under the original izohumus soils; the total thickness of the layers and horizons with humus more than 1%; the degree of silting depth of burial izohumus soils in the case of the mantle under the original soil more than 50 cm; the degree of humus content of the arable layer.

*Поступила 19 июля 2010 г.*

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Т.А. Романова, А.Ф. Черныш, А.Н. Червань, А.Э. Радюк  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск*

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших проблем XXI века является необходимость рационального использования природных ресурсов с максимально возможным повышением их продукционной способности при сохранении экологического равновесия. Решению этой проблемы должна предшествовать инвентаризация природных ресурсов, в которых почвенный покров составляет не только основную базу, но и главный источник информации.

Рациональное использование земельных ресурсов и их охрана в значительной степени зависят как от существующей системы управления, так и от качества информационного обеспечения землепользования. Особенно актуально это для районов, характеризующихся сложной экологической обстановкой, проявлением негативных природных и антропогенных процессов. Информация о состоянии почвенно-земельных ресурсов может быть полезна и для землепользователей, ставящих целью только сохранение земель при достигнутой производительности. Основными документами, содержащими первичные сведения о почвенном покрове в тех или иных границах, являются почвенные карты. К настоящему времени в республике проведено три тура крупномасштабных почвенно-геоботанических и почвенных обследований, что позволяет в полной мере использовать информативность почвенных карт для получения новых данных, обеспечивающих надежную основу неистощительного устойчивого использования природных ресурсов самых разнообразных территорий.

Однако любым программам использования природных ресурсов должна предшествовать их оценка, по возможности, количественная, чему и посвящена предлагаемая работа.

Ее основу составляет системный подход к анализу почвенного покрова, суть которого заключается в выделении на почвенных картах закономерно организованных сочетаний почв – почвенных комбинаций (ПК), являющихся компонентами структуры почвенного покрова (СПП). ПК обладают повторяющимися, типизированными признаками, характеризующими не только почвы, но также рельеф, геоморфологические и литологические особенности, средневзвешенный балл плодородия с поправкой на степень неоднородности почвенного покрова и однотипными реакциями на стихийные и антропогенные воздействия. На картах количество ПК, характеризующих почвенный покров, несравненно меньше чем почвенных контуров, что дает возможность существенно упростить и сделать более четкой инвентаризацию природных ресурсов, оценить естественный потенциал хозяйственного использования ПК как природной системы. Такие системы, по сути, являющиеся конкретными объектами хозяйственной деятельности и охраны природы, могут быть отнесены к категории «типов земель» (ТЗ) [5].



Собранные в процессе почвенных обследований материалы обеспечивают не только выделение на картах, диагностику и текстовые характеристики ТЗ, но и показатели, количественно оценивающие потенциал почвенно-земельных ресурсов, позволяющий определить направления природопользования, наиболее соответствующие комплексу природных факторов, как в пределах типов земель, так и в границах хозяйств, что потребовало особой методики, последовательные этапы разработки которой изложены ниже.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов сначала выбирались почвенно-экологические районы республики, дающие наиболее четкое представление об особенностях северной, центральной и южной почвенно-экологических провинций с наиболее высокой степенью выраженности факторов, осложняющих сельскохозяйственное использование. К числу таких отнесены почвенно-экологические районы с преобладанием эрозионных и заболоченных ландшафтов, которые хорошо видны на почвенных картах масштаба 1:200000.

Границы этих районов в общих чертах совпадают с границами административных районов, что позволило рассматривать территории эрозионных ландшафтов на примере Городокского, Ушачского и Мстиславского, а заболоченных – на примере Полоцкого, Шумилинского, Березинского, Столинского и Пинского административных районов. Для них имеются почвенные карты масштаба 1:50000, составленные в последние 5-10 лет.

В каждом из административных районов объектами исследований выступают землепользования, то есть территории конкретных сельскохозяйственных предприятий, которые условно принято считать агроландшафтами, характеризующимися картами масштаба 1:10000. В состав перечисленных выше административных районов вошли 105 субъектов аграрного хозяйствования.

Однако основными объектами исследований и операциональными единицами оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов являются выделяемые на любых почвенных картах ПК, как природные системы и типы земель (ТЗ). Методологию исследования составили системный подход и многофакторный анализ.

Методы: сравнительно-картографический, статистико-картометрический с созданием базы данных (БД) и автоматизированным анализом информации. Геопространственный статистический метод применен в рамках созданной БД СПП формата ArcInfo и *включает методы множественного регрессионного анализа, кригинга, трендовых поверхностей.*

Методика составления карт СПП разработана в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в предыдущие годы [5].

Картометрический анализ ПК: коэффициенты – показатели степени неоднородности ( $K_n$ ), степени контрастности ( $K_k$ ) и степени расчлененности ( $K_p$ ) почвенного покрова определялись полуавтоматически с использованием шкалы контрастности почв [3] и программной среды ArcGIS 9.3.

Методика количественной оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов с учетом роли в ней основных определяющих факторов, являющаяся пред-

метод настоящих исследований, базируется на предложенном Д. Ацци [1] приеме, состоящем в ранжировании конкретных показателей любых характеристик от наименьшего до наибольшего на определенное число уровней (групп), порядковые номера которых используются при сравнении и суммировании в качестве условных баллов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На первом этапе работы выполнялась инвентаризация почвенно-земельных ресурсов как территориальный учет, охватывающий все категории земель. Для восьми перечисленных выше административных районов составлены карты СПП с общей легендой, включающей перечень инвариантных ПК и их формулы, состоящие из буквенных обозначений почвенных разновидностей с долей их участия в ПК (%) – рис. 1.

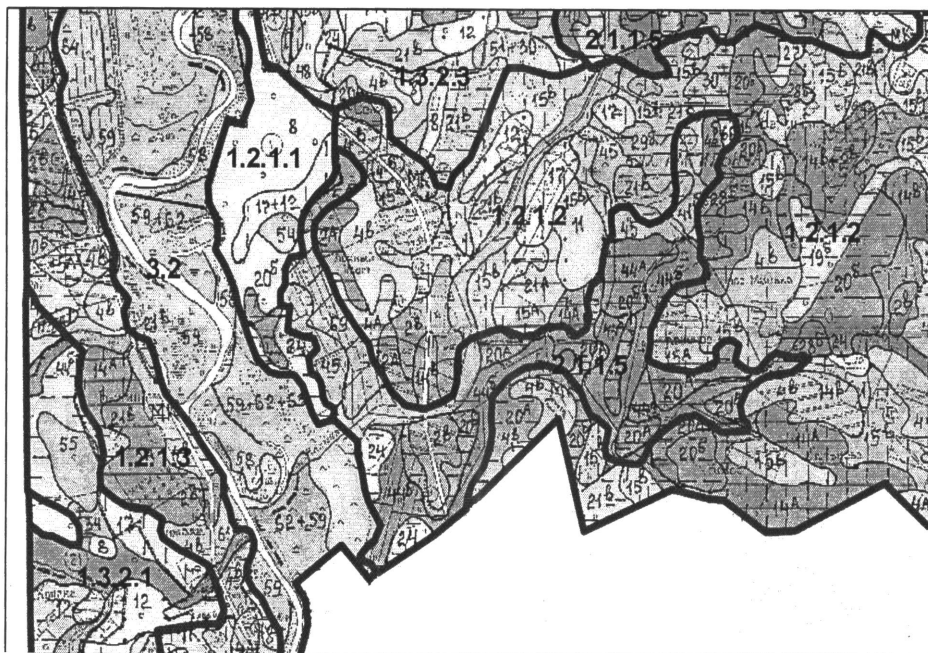


Рис. 1. Фрагмент карты типов земель Березинского района (типы земель выделены на почвенной карте М 1:50 000)

Второй этап заключался в выборе факторов, определяющих и/или осложняющих интенсивное использование ТЗ. Одним из условий выбора, кроме установленного влияния того или иного фактора, служило наличие измеряемых количественных показателей на базе анализа информации почвенных карт.

К числу таких факторов отнесены:

- исходный балл бонитета по республиканской оценочной шкале [2];
- эродированность пахотных земель [4];
- заболоченность [4];
- неоднородность почвенного покрова [3,5].

Алгоритм агроэкологической оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов разрабатывался расчетными методами, и характеризует, прежде всего, природные особенности территории, точнее, ТЗ, рассматриваемых с точки зрения возможностей сельскохозяйственного использования.

Для получения сопоставимых данных по критериям оценки ресурсного потенциала конкретных типов земель с использованием условных оценочных баллов, степень выраженности каждого фактора дифференцируется на 5 уровней: от 1 до 5 (табл. 1). При этом следует учитывать специфику факторов: балл 5 всегда означает самое высокое качество, определяемое как наиболее высокими значениями показателей (бонитет почв), так и наиболее низкими (эродированность, заболоченность, неоднородность почвенного покрова).

## ТИПЫ ЗЕМЕЛЬ

**1. ВОДОРАЗДЕЛЫ** – территории с преобладанием поверхностного стока.

1.2.1.1. – **водоразделы выпуклые высокие** водно-ледниковые равнины на водно-ледниковых песках, иногда подстилаемых мореной глубже 1 м:

$$ДП^{20}+ДПБ_{O-1}^{10}+ТВ^{10}.$$

1.2.1.2. – **водоразделы выпуклые высокие** водно-ледниковые равнины на водно-ледниковых связных супесях, подстилаемых песками:

$$\text{неглубокорасчлененные } ДП^{40}+ДПБ_{1,40}+ДПБ_{2,20}.$$

1.2.1.3. – **водоразделы выпуклые высокие** водно-ледниковые равнины на супесях, подстилаемых с глубины менее 1 м мореной:

$$ДП^{40}+ДПБ_{1,30}+ДПБ_{2,30}.$$

1.3.1.3. – **водоразделы плоские высокие** на водно-ледниковых супесях, подстилаемых мореной с разной глубины:

$$ДП^{10}+ДПБ_{O}^{35}+ДПБ_{1,30}+ТВ-ТП^{25}.$$

1.3.2.1. – **водоразделы плоские низкие** на водно-ледниковых песках, подстилаемых песками:

$$ДПБ_{1,30}+ДПБ_{2,40}+ ДПБ_{\text{илл}}^{25}+ТН-ТП^5$$

1.3.2.3. – на водно-ледниковых рыхлых супесях, подстилаемых мореной:

$$ДПБ_{1,45}+ДПБ_{2,45}+ТН-ТП^{10}.$$

**2. ДЕПРЕССИИ** – пониженные территории с преобладанием аккумуляции поверхностного стока.

2.1. – **неглубокие**.

2.1.1. – на супесях, подстилаемых песками:

$$ДПБ_{2,10}+ДБ^{70}+ТН^{20}.$$

**3. ПОЙМА** – долина Березины и крупных притоков:

$$АДБ^{80}+АТБ^{20}.$$

**Исходный балл бонитета почв** оценивается по республиканской оценочной шкале [2] раздельно для каждой разновидности почв, составляющих ПК (ТЗ). В соответствии с занимаемой ими площадью (% от общей площади ПК) вычисляется средневзвешенный балл бонитета для типа земель. Перечень почв и доля их участия содержится в формуле ПК. Результат расчета, согласно приведенным в таблице 1 уровням, получает ту или другую оценку в условных баллах.

**Группировка факторов, определяющих потенциал почвенно-земельных ресурсов, условные баллы**

Баллы, уровни	Факторы	Исходный балл бонитета по оценочной шкале	Эродированность / доля эрозионноопасных почв	Заболоченность / доля торфяных почв	Неоднородность почвенного покрова, коэффициенты (Кн)
5	Очень высокий	>50,1	<5/0	<5	<5,1
4	Высокий	41,1-50,0	5/10	5-11	5-10,1
3	Средний	31,1-40,0	10/25	10-21	10-20,1
2	Ниже среднего	21,1-30,0	25/50	20-51	20-25,1
1	Низкий	<20,0	>50	50-100	>25,1

**Эродированность почв (подверженность и предрасположенность почв к эрозии).** Распределение баллов выполнено в соответствии с разработанной шкалой выделения земель с разной степенью проявления водно-эрозионных процессов [4].

5 баллов – преобладают незэродированные почвы, доля эрозионноопасных менее 5%;

4 балла – слабозэродированных почв менее 5 % и доля эрозионноопасных 5-10%;

3 балла – эродированные почвы 5-10 %, эрозионноопасные – 10-25%;

2 балла – эродированные почвы составляют 10-25%, эрозионноопасные – 25-50%;

1 балл – средне- и сильноэродированные почвы более 25 %, эрозионноопасные более 50%.

**Заболоченность.** При оценке степени заболоченности ПК (ТЗ) приняты следующие градации, отражающие выраженность этого фактора (в таблице 1 за основу группировки принято участие в ПК торфяных почв):

5 баллов – более 50% площади занимают незаболоченные, не требующие мелиорации почвы (почвенный покров представлен дерново-подзолистыми автоморфными, в том числе оглееными на контакте и дерново-подзолистыми полугидроморфными – временно избыточно увлажняемыми почвами на рыхлых породах, доля торфяно-болотных почв менее 5%);

4 балла – более 50% площади занимают полугидроморфные почвы, регулирование водного режима которых возможно с помощью агро-мелиораций (почвенный покров представлен дерново-подзолистыми временно избыточно увлажняемыми почвами на связных породах или породах двучленного строения и глееватыми на рыхлых породах; торфяно-болотных почв 5-10%);

3 балла – более 50% площади приходится на полугидроморфные почвы, регулирование водного режима которых возможно путем проведения агро-мелиораций в сочетании с гидромелиорациями (почвенный покров представлен

дерново-подзолистыми глееватыми почвами на связных породах и дерново-подзолистыми глеевыми почвами на песках и рыхлых супесях; торфяно-болотных почв 10-20%);

2 балла – более 50% площади занимают полугидроморфные почвы, регулирование водного режима которых возможно только путем проведения гидро-мелиораций (почвенный покров представлен дерново-подзолистыми глеевыми почвами на связных породах и дерновыми заболоченными почвами разного гранулометрического состава);

1 балл – 50-100% составляют торфяно-болотные почвы, регулирование водного режима требует проведения гидротехнических мелиораций.

**Неоднородность почвенного покрова – коэффициент неоднородности – Кн.** Кн ПК (ТЗ) определяется как произведение коэффициентов контрастности – Кк (степень различий почв по их свойствам) и расчлененности почвенного покрова – Кр – как суммы длин границ почвенных разновидностей в километрах, отнесенной к площади ПК в гектарах [3,5]. Группировка Кн и условные баллы приведены в таблице 1.

Обобщающая величина агроэкологической оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов территории представляет собой для каждого объекта сумму условных баллов по всем показателям. Так, ТЗ универсального использования, согласно таблице 1, оценивается в 20 баллов: почвы с самым высоким баллом плодородия, с минимальными проявлениями эрозии и заболоченности и практически однородным почвенным покровом.

**Пример расчета агроэкологической (природной) составляющей ресурсного потенциала:**

*Тип земель:* 1.2.1.2 – водораздел выпуклый высокий на водно-ледниковых связных супесях, подстилаемых песками с глубины менее 1 м.

*Почвенная комбинация описывается формулой\*:* ДП<sup>40</sup> + ДПБ<sub>1</sub><sup>40</sup> + ДПБ<sub>2</sub><sup>20</sup>.

*Средневзвешенный исходный (без учета мелиорации) балл бонитета:*

$$(48,7 \cdot 40 + 48,2 \cdot 40 + 31,7 \cdot 20) / 100 = 45,1.$$

Величина рассчитанного балла бонитета позволяет присвоить данному ТЗ в соответствии с разработанной группировкой балл 4 по критерию «исходный балл бонитета».

По показателю «эродированность» указанный тип земель оценивается в 4 балла, так как здесь преобладают пологие склоны с незначительными уклонами и почвообразующие породы имеют достаточно высокую водопроницаемость.

В оцениваемом типе земель более 50% площади занимают переувлажненные почвы: а именно 40% дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые и 20% глееватые, регулирование водного режима которых возможно путем проведения агро-мелиораций, поэтому оценка по критерию «заболоченность» составляет 3 балла.

Оценка по показателю «неоднородность» для приведенного примера определена как «средняя», т. е. 3 условных балла.

Суммарная агроэкологическая оценка типа земель водораздела выпуклого высокого на водно-ледниковых связных супесях, подстилаемых песками с глубины более 1 м (1.2.1.2) равна 14 баллов (4 + 4 + 3 + 3).

Аналогично выполнена оценка всех ТЗ эрозионных и заболоченных ландшафтов, выбранных в качестве объектов исследования.



## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

В процессе разработки методики, как упоминалось выше, выполнялся анализ СПП исследуемых административных районов с составлением карт типов земель М 1:50000.

Фрагмент такой карты представлен на рис. 2. Границы землепользований и долевое участие ТЗ в них определяются возможностями программы ArcGis и свидетельствуют, что территория СПК «Местино» представлена пятью типами земель, перечень и оценки которых содержатся в таблице 2.

Таблица 2

### Средневзвешенный балл агроэкологической составляющей потенциала почвенно-земельных ресурсов СПК «Местино» Березинского района

Хозяйство	Тип земель	Доля (%) от общей площади хозяйства	Оценка агроэкологической составляющей				
			исходный балл бонитета	эродированность	заболоченность	неоднородность	суммарный балл
СПК «Местино»	1.2.1.1.	1,4	2	1	3	4	10
	1.2.1.2.	63,3	4	4	3	3	14
	1.3.2.3.	5,2	5	3	4	4	16
	2.1.1.4.	23,4	4	4	3	3	14
	3.	6,7	4	5	3	2	14
Средневзвешенный балл						14,1	

Судя по рисунку и цифровым индексам типов земель, среди них преобладают *водоразделы*: выпуклые высокие на песках (1.2.1.1.) и связанных супесях, подстилаемых песками (1.2.1.2.), а также плоские низкие, на супесях, подстилаемых мореной (1.3.2.3.). Довольно большую площадь (23,4%) составляют *депрессии* долинообразные неглубокие с преобладанием дерновых заболоченных суглинистых почв (2114) и менее 10% приходится на пойменные земли (32).

Каждый ТЗ получил свои оценки агроэкологического потенциала в условных баллах (табл. 2), как суммарные, так и частные, позволяющие отметить роль наиболее заметно влияющих факторов.

Средневзвешенный балл по хозяйству, как единичный показатель, еще не дает реального представления об уровне его потенциала в сравнении с другими землепользованиями. Этот недостаток устранен тем, что аналогично расчетам по СПК «Местино», определены средневзвешенные баллы агроэкологической составляющей по всем 105 хозяйствам, участвующим в разработке методики. Группировка полученных данных и ее обоснованность приведены в табл. 3.

**Агроэкологическая составляющая оценки потенциала  
почвенно-земельных ресурсов районов Беларуси с преобладанием  
эрозии и заболоченности почв, условные баллы**

Уровень	Условные баллы	Агроэкологическая оценка	Количество данных	Среднее арифметическое
Очень высокий	5	>16,1	4	16,9
Высокий	4	14,1– 16,0	23	14,7
Средний	3	12,1– 14,0	48	13,4
Ниже среднего	2	11,1– 12,0	18	11,4
Низкий	1	<11,0	13	10,6

Теперь можно сделать заключение, что агроэкологический потенциал почвенно-земельных ресурсов СПК «Местино» относится к числу хороших – агроэкологическая оценка 14,1 – балл 4.

### ВЫВОДЫ

Изложенные принципы, методы и примеры их реализации позволяют считать, что разработаны корректные основы методики количественной оценки агроэкологической составляющей потенциала почвенно-земельных ресурсов почвенно-экологических районов с преобладанием эрозионных и заболоченных ландшафтов. Представленные в данной работе методические подходы обеспечивают сравнение общих условий аграрного хозяйствования и позволяют установить зависимость его от того или другого фактора в природных (ТЗ) и административных границах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ацци, Д. Сельскохозяйственная экология / Д. Ацци. М.-Л.: Селькопхозгиз, 1932. – 344 с.
2. Внутрихозяйственная качественная оценка (бонитировка) почв республики Беларусь по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур: методические указания; под ред. Н.И. Смеяна. – Минск, 1998. – 23 с.
3. Никитина, А.Н. Шкала контрастности почв БССР/ А.Н. Никитина // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов: сб. науч. тр. / Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – М.: Наука, 1978. – С. 52-57.
4. Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации; под общ. ред. А.Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 52 с.
5. Червань, А.Н. Исследования структуры почвенного покрова в Беларуси: материалы V съезда Всероссийского общества почвоведов им. В.В. Докучаева, 18-23 августа 2008 г. / Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2008 – с.19.



6. Кадастровая оценка земель сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств; под ред. Г.И. Кузнецова, Г.М. Мороза, Н.И. Смеяна. – Минск: Белгипрозем, 2000. – 136 с.

## **AGROECOLOGICAL POTENTIAL OF SOIL-LAND RESOURCES**

**T.A. Romanova, A.F. Chernysh, A.N. Chervan', A.Eh. Radyuk**

### **Summary**

There is presented in article the first version of the method of quantitative assessment of agroecological potential of soil-land resources in erosioned and waterlogged landscapes, or information that define possibility of unexhausted usage of lands at preservation natural equilibrium.

*Поступила 30 ноября 2010 г.*

УДК 631.4

## **КОЭФИЦИЕНТЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ БЕЛАРУСИ К ВОДНОЙ ЭРОЗИИ**

**Н.И. Афанасьев, Ан.В. Юхновец**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Два основных физических фактора определяют величину почвенной эрозии (смыв почвы, образование оврагов и др.) – это устойчивость почвы к ее разрушению и способность разрушающих почву агентов влиять на нее. Величина эрозии зависит от легкости, с которой отдельные почвенные частицы перемещаются по склону под влиянием дождевых капель или потока воды при снеготаянии.

Устойчивость почв к эрозии зависит от ряда их свойств, таких, как водопрочность структуры, содержание гумуса, глины, природы глинистых минералов. Некоторые из этих свойств динамичны, изменяются под влиянием обработки почвы, возделываемых культур, системы земледелия в целом. Отсюда изменяется и эрозионная устойчивость почвы.

Целью наших исследований была оценка устойчивости почв к водной эрозии.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объектами наших исследований являлись 10 почвенных разновидностей выделенных в Беларуси. Оценить эрозионную устойчивость почв можно двояко: 1) по потере почв от эрозии на стоковых площадках или на искусственно созданных лотках; 2) рассчитать величину смыва почвы по универсальному уравнению потерь почвы от эрозии, предложенному американскими учеными. Чем больше потери почв, тем меньше их устойчивость к эрозии. Однако, стоковые площадки довольно сложные сооружения и, следовательно, дорогостоящие.

Искусственные лотки – громоздкие, тяжелые, для работы с ними нужны специально оборудованные лаборатории, что обходится недешево. Для расчета потерь почвы от эрозии по универсальному уравнению надо знать комплексную характеристику свойств почв. Определить ее очень сложно, а в больших масштабах просто невозможно. Эта характеристика представляет собой отношение величины среднегодового смыва почв с единицы стандартной стоковой площадки к комплексной характеристике дождя: здесь возникает серьезное затруднение.

Раньше считали, что при одинаковом слое осадков суммарная кинетическая энергия капель выше у ливневых дождей. Моросящий дождь, состоящий из мелких капель и падающих с малой скоростью, как правило, разрушений не вызывает [1]. Сейчас от такого взгляда отказались [2, 3]. Теперь считают, что мелкий продолжительный дождь может смыть столько же почвы, как крупный кратковременный. Поэтому ученые пытаются оценивать эрозионную устойчивость почв без стоковых площадок и универсального уравнения, а по свойствам почв, имеющихся в их распоряжении. Так, оценка эрозионной устойчивости почв проводилась нами расчетным способом в лаборатории по двум характеристикам почв – по отношению содержания в них песка к сумме пыли и глины и по отношению кварца к полуторным окислам [4].

Данные по содержанию в почвах песка, пыли, глины, полуторных оксидов, кремния взяты нами из монографии «Почвы Белорусской ССР», 1974.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментально эрозионная устойчивость почв, или ее способность противостоять разрушающей силе дождя или жидкого стока в период весеннего снеготаяния, определяется на стационарных стоковых площадках, с определенной крутизной и длиной склона, без растений. При других условиях вводятся коэффициенты на длину, крутизну, геометрию склона, возделываемую культуру для того, чтобы получить данные, сопоставимые с полученными на элементарных стоковых площадках [4]. Если почвы отличаются по свойствам, вводятся коэффициенты и на свойства почв.

Имеющиеся многочисленные данные о характеристике наиболее распространенных почвенных разновидностей по гранулометрическому и химическому составу позволяют с приемлемой точностью определять податливость почв к процессам водной эрозии. В таблице 1 приведены коэффициенты эрозионной устойчивости почв Беларуси, полученные двумя методами. Данные таблицы свидетельствуют, что располагая только результатами гранулометрического и валового анализа почв, можно рассчитать эрозионную устойчивость почв. Расчетный метод не так точен, как определение этой характеристики почв на стоковых площадках. Однако их отсутствие вынуждает пользоваться расчетным методом.

На основании данных, полученных с элементарных площадок, было выведено американскими учеными универсальное уравнение потерь почв от эрозии. В настоящее время трудно сказать о его точности, так как оно все время улучшается и не везде применимо [6].

Так, польские ученые на основании проведенных опытов на лессовидных суглинках утверждают, что это уравнение для условий Польши не годится. Его применение ограничивает фактор рельефа, который обеспечивает увеличение эрозии с увеличением его длины, хотя это не всегда правомерно и зависит во

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

многим от водопроницаемости почвообразующих пород. Корректировки требует и учет крутизны склона.

Таблица 1

### Коэффициенты эрозионной устойчивости почв

Почва	Метод определения	
	песок (пыль+глина)	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1. Дерново-карбонатная выщелоченная легкосуглинистая. Житковичский район	0,36	10,4
2. Бурая лесная. Беловежская пуща.	2,27	14,4
3. Дерново-подзолистая, развивающаяся на тяжелом суглинке. Шарковщинский район	0,21	6,38
4. Дерново-палево-подзолистая развивающаяся на мощном лессовидном суглинке. Шкловский район	0,54	8,9
5. Дерново-подзолистая, развивающаяся на песчанисто-пылеватом суглинке, подстилаемом моренным суглинком. Новогрудский район	0,44	10,5
6. Дерново-подзолистая вторично оподзоленная, развивающаяся на мощном лессовом суглинке. Мстиславский район	0,13	10,0
7. Дерново-подзолистая, развивающаяся на мощном моренном суглинке. Городокский район	0,84	8,6
8. Дерново-подзолистая, развивающаяся на озерно-ледниковой супеси. Полоцкий район	1,06	-
9. Дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой моренным суглинком. Щучинский район	2,5	18,5
10. Дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковых песках. Барановичский район	5,8	19,0

Объяснить увеличение эрозии от длины склона можно только скоростью водного потока. Чем больше скорость, тем больше его кинетическая энергия, разрушающая почву и переносящая ее по склону. Существует такая зависимость и от крутизны склона. При разной крутизне, но одинаковой длине склона эрозионные процессы интенсивнее на более крутом склоне, так как кинетическая энергия потока здесь значительно выше. Это уравнение неприменимо для всей территории Америки, а только для ее Востока [7].

Стоковые площадки широко представлены в США. Там их десятки тысяч, разного размера. В других странах их мало. Американские исследователи предполагали вывести универсальное уравнение на основании данных, полученных на этих площадках. Полувековая работа в этом направлении не оправдала их надежд. Поэтому стоковые площадки сейчас ликвидируются. Если данные с тысяч стоковых площадок в США не позволили получить надежное уравнение для расчета величины стока и смыва, то одиночные стоковые площадки не могут претендовать на что-то значимое в проблеме изучения эрозии почв. Вместо универсального уравнения сейчас применяются модели, строящиеся на фактических данных, полученных на стоковых площадках. Эти данные вводятся в компьютер

и при соответствующей программе получают величины эрозии. Основной недостаток стоковых площадок – невозможность переноса полученных на них данных, на другие объекты, дороговизна, сложность, долгосрочность наблюдений. В настоящее время в США делается ставка на простые методы и технологии, которые могут применяться при определении смыва почв. Такие методы полевых измерений часто недооцениваются и рассматриваются как недостаточно научно-обоснованные. Но это не так. Если они должным образом спланированы и хорошо выполнены, в сравнимых условиях, то могут дать полезную информацию. Их преимущество в том, что с их помощью возможны массовые определения. Меньшая их точность, чем стоковых площадок компенсируется большей повторностью, что обеспечивает достоверность полученных данных. В то же время такая информация более значима и визуально впечатлительнее в конкретных условиях, чем эксперименты на далекой опытной станции с ее стоковыми площадками.

Из простых приспособлений, позволяющих определить величину эрозии, применяемых исследователями США, можно отметить такие: эрозионные иглы (металлические и деревянные), металлические совки в сочетании с емкостями для жидкого и твердого стока, простые стеклянные или пластиковые бутылки и др. Определение смыва почвы с помощью таких простых приспособлений дают сопоставимые результаты со стоковыми площадками, особенно после ливневых дождей.

Данные таблицы 1 позволяют утверждать следующее: оба метода определения эрозионной устойчивости почв могут применяться для этой цели, так как динамика изменений коэффициентов одинаковая – чем больше в почве песка или кварца, тем выше коэффициенты. Есть и несоответствия данных, но надо иметь в виду, что они получены разными методами. Для ориентировочной оценки коэффициентов эрозионной устойчивости почв они вполне годятся.

Чем больше коэффициент эрозионной устойчивости, тем она способнее противостоять разрушающему действию дождя и талых вод. Первое место по эрозионной устойчивости почв, приведенных в таблице 1, принадлежит дерново-подзолистой почве на песках, имеющих коэффициент равный 5,8 и 19,0 (в зависимости от метода его определения).

Приведенные в таблице коэффициенты не характеризуют абсолютные величины смыва почв, а лишь позволяют дать сравнительную оценку податливости почв к водной эрозии, которая определяется содержанием фракции физического песка. Чем больше коэффициент, тем больше в почве песка, тем меньше эрозия почвы. Песчаные частицы смываются значительно меньше пылеватых и глинистых частиц, так как они тяжелее. Кроме того, почвы с преобладанием песка лучше фильтруют воду, что снижает сток и смыв.

Выбранный нами метод оценки эрозионной устойчивости почв не зависит ни от крутизны и длины склона, ни от возделываемых культур и приемов обработки, как другие методы, что облегчает его применение. Таблица 2 содержит ранжировку почв по их устойчивости к эрозии.

Занимаемые почвами места по их устойчивости к эрозии характеризуют потенциальную податливость к эрозионной деградации. Величина же эрозии зависит от агротехники. Чем ниже занимаемое место, тем более высокая вероятность эрозии. Фактическая эрозия зависит от возделываемых культур и применяемой агротехники.

Вред, приносимый эрозией почв хорошо известен. Об этом написано много с анализом причин, снижающих урожай сельскохозяйственных культур, возде-

## Почвенные ресурсы и их рациональное использование

ываемых на эродированных почвах. Математических зависимостей урожая от свойств почв в литературе мало, а в этом главное. Приводим здесь самую простую математическую зависимость [8]:

$$y = 8.25x + 945,$$

где  $y$  – урожай яровой пшеницы, полученный опытным стационаре (ц/га);

$x$  – мощность гумусового горизонта, см.

Таблица 2

### Ранжировка почв по эрозионной устойчивости

Почва	Метод определения		Место
	песок (пыль + глина)	SiO <sub>2</sub> R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1. Дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковых песках. Барановичский район	5,80	19,00	1
2. Дерново-подзолистая, развивающаяся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой моренным суглинком. Щучинский район	2,50	18,50	2
3. Бурая лесная. Беловежская пуца	2,27	14,4	3
4. Дерново-подзолистая, развивающаяся на озерно-ледниковой супеси. Полоцкий район	1,06	-	4
5. Дерново-подзолистая, развивающаяся на мощном моренном суглинке. Городокский район	0,84	8,60	5
6. Дерново-палево-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке. Шкловский район	0,54	8,9	6
7. Дерново-подзолистая, развивающаяся на песчанисто-пылеватом суглинке, подстилаемом моренным суглинком. Новогрудский район	0,44	10,5	7
8. Дерново-карбонатная выщелоченная легко-суглинистая. Житковичский район	0,36	10,4	8
9. Дерново-подзолистая, развивающаяся на тяжелом суглинке. Шарковщинский район	0,21	6,38	9
10. Дерново-подзолистая вторично оподзоленная, развивающаяся на мощном лессовом суглинке. Мстиславский район	0,13	10,0	10

Для других географических районов зависимость будет другой, но она будет. Несомненно, зависимость урожая имеется и от других характеристик почвы, найти их – главная задача исследований. Математизировать почвоведение – самое перспективное направление науки. Любая естественная наука по мере своего совершенствования приобретает математический характер.

## ВЫВОДЫ

1. Для ориентировочной оценки эрозионной устойчивости почв достаточно иметь коэффициенты, полученные расчетным путем по данным гранулометрического и валового химического анализа почв, что исключает необходимость в стоковых площадках и универсальном уравнении потерь почв от эрозии.

2. Чем больше отношение песка к пыли + глине или кремния к полуторным оксидам, тем больше коэффициент эрозионной устойчивости почв. С помощью коэффициентов устойчивости почв к эрозии нельзя получить абсолютных величин эрозии на той или другой почве. Они лишь указывают какая почва способнее противостоять эрозии. Величина же эрозии зависит от длины и крутизны склона, возделываемой культуры и агротехники. Коэффициенты только помогают в выборе мер борьбы с эрозией. На почвах с низкой эрозионной устойчивостью они должны быть одни, с высокой устойчивостью – другие.

3. Занимаемые почвами места по устойчивости почв к эрозии действительны только при равных условиях на всех почвах и отражают потенциальную возможность ее проявления

## ЛИТЕРАТУРА

1. Эрозионные процессы – М.: Мысль – 1984 – С. 256
2. Ryszkowski. Control of energy and matter flux in agricultural landscape. – Agricultural ecosystems and environment. – 1989, 27:107:118
3. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., Mc Cool D.K. and Jader D.s. – Predicting Soil Erosion by Water: – A: Guidance to Conservation Peanning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) – USA – 1997. – P. 384.
4. Lol R. Erodibility and erosivity. Jn. Soil Erosion Research / R. Lol. – Methods, chapter 7 // Jowa Ankey. – 1988. – P. 141-160.
5. Почвы Белорусской ССР. – Минск: Ураджай, 1974. – с. 321.
6. Reinman, J. Sorce of erosion in Predicting silt Erodibility with USLE / J. Reinman, B. Usowiez, R. Debicki. – Polish journal of soil science. – 1999. – V. XXXII. – №1. – P. 13-22.
7. Hudson, N.W. Field measurement of soil erosion and runoff. FAO soils Bulltin, 68 / N.W. Hudson. – Rome, 1993. – P. 139
8. McRae, S.J. Land evaluation. Clazendon Press / S.J. McRae, C.P. Buznham. – Oxford, 1981

## COEFFICIENTS OF RESISTANCE OF SOD-PODZOLIC SOILS OF BELARUS TO EROSION

N.I. Afanas'ev, An.v. Yuhnovets

### Summary

Coefficients of erodibility of sod-podzolic soils of Belarus to erosion were determined by two methods: relation in soils sand to summary of silt and clay;  $SiO_2:R_2O_3$ .

Fluctuation of these coefficients was from 0,5 to 5,8 and 6,4 to 19, accordingly. Both methods can use for orientation evaluate of erosion stability of soils. With increase of coefficients soil resistance to erosion was increased.

*Поступила 29 сентября 2010 г.*

## 2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.82:633.1:631.445.2

### ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ФОСФОРОМ И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

**И.М. Богдевич, В.А. Микулич, Г.И. Каленик**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

#### ВВЕДЕНИЕ

Фосфор является одним из наиболее важных и, одновременно, наиболее дефицитных элементов минерального питания растений. Мировое потребление фосфорных удобрений (P) оценивается в 20 млн. т в год при разведанных запасах фосфоритов около 2400 млн. т [24]. Содержание подвижных форм фосфатов является одним из основных признаков окультуренности дерново-подзолистых почв [10, 19, 20]. Фосфорное питание растений зачастую становится фактором, лимитирующим урожайность и качество зерна. Различия в обеспеченности почв фосфором по полям и участкам заметно усилились, в условиях высокой стоимости фосфорных удобрений и сложного экономического состояния хозяйств [1]. Значительные площади почв с очень низким и высоким содержанием подвижного фосфора требуют системного подхода к применению минеральных удобрений с учетом отзывчивости новых сортов растений интенсивного типа. Одной из актуальных задач современной агрохимической науки является исследование влияния различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество зерна при различном содержании в почве подвижных форм фосфора.

Из качественных характеристик зерновой продукции, особенно большое значение имеет содержание белка. Проблема дефицита белка является одной из наиболее острых, требующей всесторонней разработки и решения. Многие научные работы показали важную роль фосфора почв и удобрений в формировании высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [5, 6, 10, 11, 20]. Исследование влияния минеральных и органических удобрений, регуляторов роста и других агротехнических приемов на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур остается одним из наиболее актуальных направлений развития агрохимической науки за последние три десятилетия [2, 6, 11, 14]. В то же время, в научной литературе очень мало данных о влиянии агрохимических свойств почв на урожайность и качество продукции возделываемых сельскохозяйственных культур.

В данной работе ставилась цель установить количественную зависимость урожайности зерна яровой пшеницы, озимого тритикале и гороха посевного, а также эффективности минеральных удобрений от содержания в почве подвижных фосфатов в широком диапазоне 70-400 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на кг почвы, характерном для средне и хорошо окультуренных дерново-подзолистых супесчаных почв. Анализ полученных экспериментальных данных необходим как для совер-

шенствования системы удобрений, так и для улучшения оценки результатов крупномасштабного агрохимического обследования почв.

### 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%,  $pH_{KCl}$  (потенциометрическим методом) – 6,2, содержание подвижных соединений калия (по Кирсанову) – 220 мг/кг, обменных соединений CaO и MgO (по Мазаевой, Неугодовой) – 1207 и 435 мг/кг почвы соответственно. Формы фосфатов в почве определяли по Гинсбург-Лебедевой.

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.  $P_{60}K_{120}$ ;
3.  $N_{60+30}K_{90}$ ;
4.  $N_{60+30}P_{60}$ ;
5.  $N_{60+30} P_6 K_{90}$ ;
6.  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ ;
7.  $N_{60+30}P_{60}K_{180}$ ;
8.  $N_{60}P_{60} 120$ ;
9.  $N_{60+30+20}P_{60}K_{120}$

Яровая пшеница сорта Рассвет, характеризующаяся высокими показателями урожайности и качества зерна высевалась после зернобобовых предшественников: люпина и горохоовсяной смеси.

Исследования по эффективности фосфорных удобрений при возделывании гороха проводили в 2006 и 2008 гг. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной в СПК «Хотляны» Узденского района Минской области. Агрохимическая характеристика опытного участка: содержание гумуса 2,57%,  $K_2O$  – 200 мг/кг,  $pH$  – 6,0.

Высевался горох посевной, сорт WSB 1.132128, который характеризуется высокими пищевыми и кормовыми достоинствами. Сорт германской селекции, неосыпающийся, листочкового типа. В 2007-2009 гг. высевали озимое тритикале, сорт Вольтарио, районированный с 2006 года.

Схема опыта предусматривала предпосевное внесение возрастающих доз фосфорных удобрений ( $P_{10}$ ,  $P_{30}$  и  $P_{60}$ ) на фоне  $N_{30}K_{90}$  и предварительно созданных четырех уровнях содержания подвижного фосфора в почве:  $P_2O_5$  207-209, 244-264, 286-300 и 394-400 мг/кг почвы. Минеральные удобрения были внесены в виде хлористого калия, аммофоса и карбамида в предпосевную культивацию. Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли с учетом рекомендаций по интенсивной технологии возделывания зерновых культур. Применяли интегрированную систему защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Из качественных характеристик зерна определяли содержание сырого белка, рассчитанное по азоту. Определение содержания критических и незаменимых аминокислот (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) проводилось на жидкостном хроматографе Agilent 1100.



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Продуктивность сельскохозяйственных культур существенно зависит от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистых почвах. В наших исследованиях, проведенных в СПК «Стреличево» Хойникского района установлено значительное повышение урожайности зерна яровой пшеницы при повышении содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой связносупесчаной почве  $P_2O_5$  от 70 до 393 мг/кг как на контрольных, так и на удобренных вариантах (рис. 1).

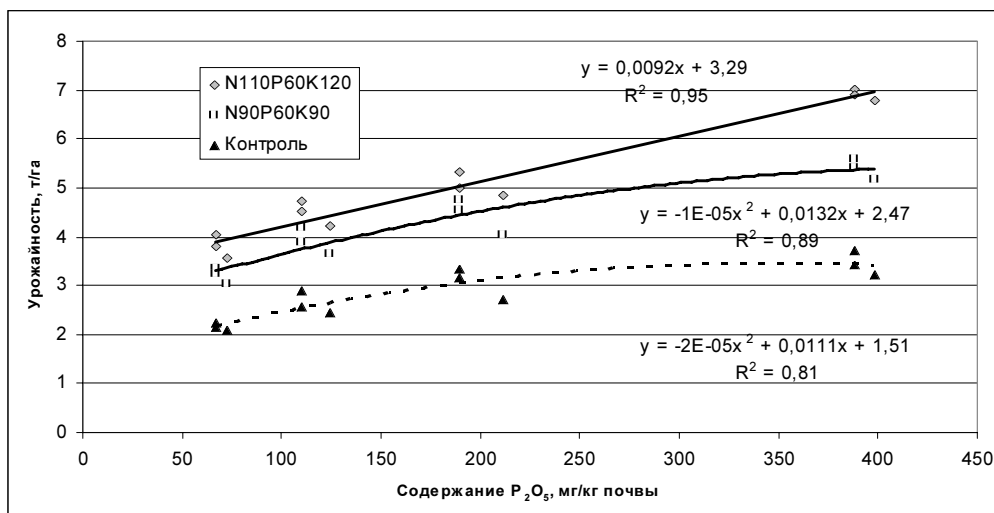


Рис.1. Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой морской, почве и доз минеральных удобрений (2005-2007 гг.)

На контрольном варианте урожай зерна повышался по параболической кривой от 21,5 до 34,5 ц/га, или в 1,6 раза, с расчетным максимумом при содержании 278 мг  $P_2O_5$  на кг почвы. При наиболее эффективном сочетании удобрений  $N_{110}P_{60}K_{120}$  урожайность зерна прямолинейно повышалась от 38,0 до 69,0 ц/га, или в 1,8 раза. Согласно приведенному на рисунке 1 уравнению регрессии урожайность зерна увеличивается на 92 кг/га при повышении содержания фосфатов на каждые 10 мг/кг почвы. По данным многолетних полевых опытов Института почвоведения и агрохимии, проведенных в 70-80-е годы прошлого века, увеличение содержания подвижных фосфатов в почве сопровождалось достоверным приростом продуктивности севооборотов только до 250 мг/кг на супесчаных почвах. Соответственно, на каждые 10 мг прироста  $P_2O_5$  на кг почвы урожайность зерна повышалась на 60 кг, а продуктивность севооборота – на 66 к.ед. [1,16].

Очевидно, что по мере интенсификации земледелия (введение новых высокопродуктивных сортов растений, удобрения и регуляторы роста, защита растений и др.), усиливается реакция растений на содержание подвижных фосфатов в почве и на дозы фосфорных удобрений. Соответственно, оптимальные уровни

обеспеченности почв фосфором и другими элементами минерального питания будут также несколько повышаться и требуют периодического пересмотра.

В настоящее время ощущается потребность новых экспериментальных данных и наблюдений, позволяющих корректировать диапазоны оптимального содержания подвижных фосфатов в основных группах почв. Особый интерес представляет зависимость урожайности зерновых культур от содержания подвижных фосфатов в диапазоне более 200 мг  $P_2O_5$  на кг почвы, который будет характеризовать основные массивы пахотных почв в ближайшей перспективе (рис. 2).

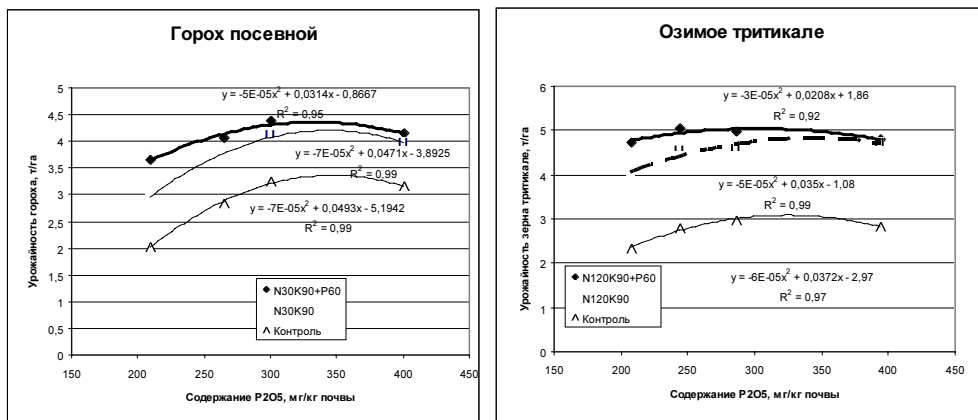


Рис. 2. Урожайность зерна гороха и озимого тритикале в зависимости от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве и доз минеральных удобрений (2006–2009 гг.)

Прирост урожайности гороха постепенно затухает по мере повышения содержания фосфора в почве до оптимального уровня как на контроле без удобрений, так и на удобренных вариантах опыта. Расчетный максимум урожайности гороха на контрольном варианте получен при содержании подвижных фосфатов ( $P_2O_5$ )  $352 \pm 18$  мг/кг почвы, на варианте  $N_{30}K_{90}$  –  $336 \pm 20$ , а при включении фосфорного удобрения, в варианте  $N_{30}P_{60}K_{90}$  – при содержании  $314 \pm 25$  мг/кг почвы. При дальнейшем повышении содержания подвижных фосфатов до уровня около 400 мг/кг почвы наблюдается заметное снижение урожайности зерна гороха. Аналогичная закономерность проявляется и в опыте с озимым тритикале, где наибольшая урожайность на варианте без удобрений получена при содержании  $P_2O_5$   $310 \pm 16$  мг/кг почвы, а на удобренных вариантах – около 350 мг/кг почвы. Снижение урожайности культур в результате избыточной концентрации подвижных форм фосфора в почве многие исследователи объясняют нарушением требуемого баланса элементов минерального питания [20, 23, 26]. По-видимому, на рыхлосупесчаной почве, в условиях недостатка влаги депрессия урожайности зерновых культур проявляется при меньшем содержании подвижных фосфатов, чем на связносупесчаной, подстилаемой мореной, почве (рис. 1).

Горох посевной отличается высокой отзывчивостью на фосфорное удобрение. При исходном содержании подвижных фосфатов около 200 мг/кг почвы, каждый кг  $P_2O_5$  удобрения в дозе 60 кг/га обеспечивает прибавку 11,3 кг зерна гороха. А при меньших дозах внесения 30 и 10 кг/га, удельная прибавка урожая

зерна гороха возрастает до 18,3 и 45,0 кг. По мере повышения концентрации подвижных фосфатов в почве прибавки зерна гороха от всех исследованных доз фосфора закономерно снижаются. Однако, даже при содержании подвижных фосфатов на уровне около 400 мг/кг почвы прибавки остаются значимыми, чтобы окупить затраты на удобрения. Удельные прибавки зерна озимого тритикале на единицу фосфорного удобрения постепенно снижаются до уровня содержания подвижных фосфатов 300 мг/кг почвы. При более высокой концентрации подвижных фосфатов в почве эффективность фосфорного удобрения не проявляется или не достоверна.

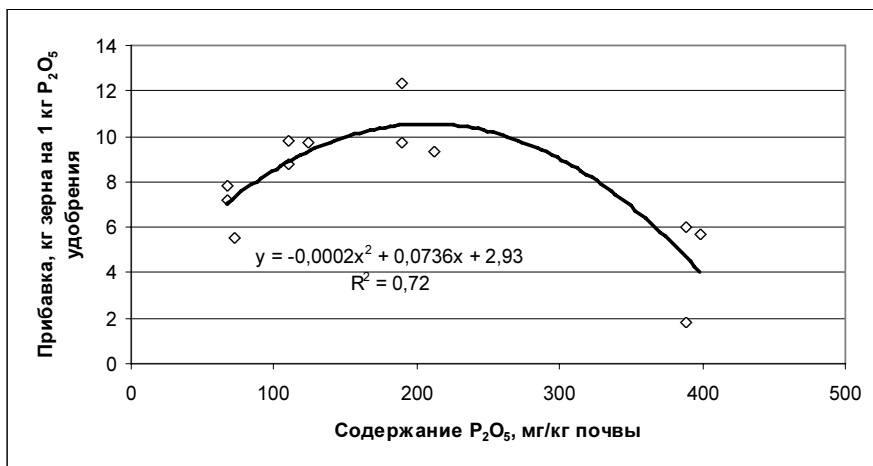


Рис 3. Эффективность фосфорного удобрения ( $P_{60}$ ) в зависимости от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой мореной, почве

Совершенствование систем удобрений в настоящий период проводится для достижения двух основных целей. Во-первых, необходимо получить больше добавочного продукта на единицу инвестиций, а во-вторых, уменьшить риск вероятных негативных экологических последствий [23, 25, 26]. Наиболее трудной задачей является повышение эффективности самых дорогостоящих фосфорных удобрений. На рис. 3 можно видеть, что окупаемость фосфорного удобрения прибавкой урожая зерна яровой пшеницы в зависимости от широкого диапазона содержания подвижных фосфатов в почве, хорошо описывается параболической кривой второго порядка.

Максимальная расчетная прибавка, за три года эксперимента, составила  $9,7 \pm 1,6$  кг зерна на 1 кг  $P_2O_5$  удобрения, при содержании подвижных фосфатов  $184 \pm 9,2$  мг/кг почвы. Сравнительно низкие прибавки от фосфорного удобрения на первых двух уровнях содержания подвижных фосфатов объясняются повышенной фиксацией фосфора почвой (табл. 1).

На первых двух уровнях основное количество минеральных фосфатов приходится на малодоступные растениям фосфаты железа, алюминия и трехзамещенные фосфаты кальция. По мере насыщения почвы фосфором возрастает количество рыхлосвязанных однозамещенных фосфатов кальция, а степень подвижности фосфатов повышается на порядок. В итоге, эффективность фосфор-

ного удобрения снижается, как при низкой концентрации подвижных фосфатов, так и при высокой. В научной литературе не часто встречаются данные полевых опытов, где эффективность фосфорного удобрения снижается вследствие низкого исходного содержания подвижных фосфатов и повышенной фиксации фосфора удобрениями [20, 26]. Устойчивая отрицательная зависимость эффективности фосфорных удобрений от содержания подвижных фосфатов в почве получена в опытах с горохом и озимым тритикале (табл. 2). Здесь исследования проводились в узком диапазоне содержания подвижных фосфатов ( $P_2O_5$  200-400 мг/кг почвы), где могла иметь место только нисходящая ветвь параболической кривой.

Таблица 1

**Фракционный состав и степень подвижности фосфатов на разных уровнях обеспеченности по Кирсанову ( $P_2O_5$  мг/кг почвы) дерново-подзолистой связноупесчаной, подстилаемой мореной, почвы**

Подвижные фосфаты по Кирсанову, мг/кг почвы	Степень подвижности ( $0,01M CaCl_2$ ), мг/л	Фракционный состав фосфатов, мг $P_2O_5$ на кг почвы				
		Ca-P <sub>I</sub>	Ca-P <sub>II</sub>	Al-P	Fe-P	Ca-P <sub>III</sub>
67	0,52	49,7	16,5	87,0	393,0	95,0
119	1,36	90,5	17,0	153,0	397,0	123,0
200	3,15	90,0	19,7	188,0	428,0	123,0
400	5,20	163,0	23,0	242,0	438,0	123,0

Таблица 2

**Прибавки урожайности зерна гороха и озимого тритикале на 1 кг  $P_2O_5$  возрастающих доз фосфорных удобрений на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, подстилаемой с глубины 1м размытой мореной с мощной прослойкой песка**

Содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы	Дозы $P_2O_5$ к/га под горох			Дозы $P_2O_5$ к/га под озимое тритикале		
	10	30	60	10	30	60
207-209	45,0	18,3	11,3	21,8	14,8	12,3
244-264	18,0	9,7	5,8	32,5	13,5	7,8
286-300	16,0	8,0	4,2	14,5	9,2	6,2
394-400	6,0	4,7	2,7	-6,0	1,7	1,2

В агрохимических исследованиях почв Нечерноземной зоны в России, Беларуси и странах СНГ для определения подвижных фосфатов используется метод Кирсанова, который принят в качестве стандартного. Этот метод 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 [3, 4, 9, 15, 18]. Более того, ряд исследований показывает тесную корреляцию показателей обеспеченности почв подвижными фосфатами, полученных различными химическими методами

[4, 16, 26]. Поэтому использование метода Кирсанова для почвенной диагностики фосфорного питания на дерново-подзолистых почвах в настоящее время нам представляется обоснованным.

В литературе высказываются противоречивые мнения в отношении влияния фосфатов и фосфорных удобрений на содержание белка в зерне [8]. Чаще отмечается небольшое положительное или даже отрицательное действие фосфорных удобрений на содержание белка в зерне [2, 7]. Одной из причин снижения содержания белка при одностороннем увеличении фосфорного питания растений может быть снижение поступления азота в растения. Это вызывает снижение интенсивности ростовых процессов, нарушение обмена азотистых соединений, что отражается на белковости зерна. По данным В.П. Толстоусова применение фосфорных удобрений при сбалансированных соотношениях азота, фосфора и калия способствует увеличению содержания белка в зерне [22].

В наших исследованиях установлено, что практически на всех вариантах опыта происходит заметное увеличение содержания белка в зерне яровой пшеницы до третьего уровня (200 мг  $P_2O_5$  на кг почвы). Дальнейшее повышение содержания фосфатов в почве до 393 мг/кг почвы вызвало некоторое снижение содержания белка в зерне (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание сырого протеина в зерне яровой пшеницы  
в зависимости от возрастающих доз азота на разных уровнях  
обеспеченности фосфором дерново-подзолистой  
связносупесчаной, подстилаемой мореной, почвы**

Удобрения	Содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы			
	70	117	200	393
Контроль	10,5±0,25	11,1±0,15	11,8±0,24	11,7±0,24
$P_{60}K_{120}$	10,8±0,32	11,5±0,18	11,6±0,28	11,4±0,26
$N_{90}K_{120}$	11,5±0,19	11,8±0,17	13,2±0,20	12,7±0,18
$N_{60}P_{60}K_{120}$	12,2±0,12	13,0±0,15	13,2±0,15	12,1±0,17
$N_{90}P_{60}K_{120}$	12,5±0,09	13,4±0,09	13,7±0,15	12,4±0,12
$N_{110}P_{60}K_{120}$	12,7±0,20	13,6±0,12	14,2±0,19	13,2±0,18

Однако, сбор белка увеличивался по мере повышения содержания в почве подвижных фосфатов и был наибольшим на 4-м уровне по всем вариантам опыта. Следовательно, даже при некотором снижении содержания белка из-за повышенной обеспеченности почвы фосфатами можно получить высокие показатели сбора белка. Это обусловлено тем, что именно на 4-м уровне содержания в почве  $P_2O_5$  был получен наибольший урожай зерна.

Известно, что азотные удобрения наиболее активно воздействуют на изменение содержания белка в зерне [6, 11, 14]. Высокая роль азотного питания растений в накоплении белка обусловлена, прежде всего, тем, что азот непосредственно входит в белковую молекулу. По вариантам нашего опыта за 3 года исследований (2005-2007 гг.) содержание белка в зерне пшеницы изменялось в пределах от 10,5 до 14,2% в зависимости от доз удобрений и обеспеченности почв  $P_2O_5$ . Содержание белка в зерне яровой пшеницы достоверно повышалось

по мере увеличения дозы азота. Самое высокое содержание белка в яровой пшенице обеспечило дробное внесение 110 кг/га азота ( $N_{60}$  перед посевом +  $N_{30}$  в фазе первого узла +  $N_{20}$  в начале колошения) на фоне предпосевного применения фосфорных и калийных удобрений – 12,7; 13,6; 14,2 и 13,2% на каждом из 4-х уровней соответственно.

Внесение фосфорного удобрения в дозе  $P_{60}$  на фоне  $N_{60+30}K_{90}$  достоверно увеличивало содержание белка в зерне яровой пшеницы на первых двух уровнях обеспеченности почвы фосфатами. И только при высоком насыщении почвы фосфатами ( $\approx 400$  мг/кг почвы) внесение фосфорного удобрения отрицательно сказалось на белковости зерна. Снижение этого качественного показателя, вероятно, связано с некоторым нарушением баланса с азотом, вызванного значительным увеличением концентрации фосфатов в почве. Однако, и в этом случае, внесение умеренной дозы фосфора ( $P_{60}$ ), компенсирующей вынос фосфора с урожаем, было оправданным, так как сбор белка повысился на 1,2 ц/га.

Содержание сырого протеина в зерне гороха увеличивалось по мере повышения содержания подвижных фосфатов в почве до уровня 300 мг  $P_2O_5$  на кг почвы, на всех вариантах удобрений (табл. 4). Внесение фосфорного удобрения в дозе 60 кг/га также сопровождалось достоверным повышением белковости зерна гороха на 2,1-3,0%, повсеместно, даже при содержании подвижных фосфатов в почве 400 мг/кг почвы. Наибольший сбор сырого белка с гектара (9,5 ц/га) получен при внесении  $N_{30}K_{90}P_{30}$  на фоне содержания  $P_2O_5$  300 мг/кг почвы. Следует подчеркнуть важную роль фосфорного питания растений гороха, поскольку около 45% общего сбора белка получено только за счет повышения содержания подвижных фосфатов в почве и внесения фосфорного удобрения  $P_{30}$ .

Содержание сырого протеина в зерне тритикале также повышалось по мере увеличения концентрации подвижных фосфатов в рыхлосупесчаной почве до уровня 300 мг  $P_2O_5$  на кг почвы, на контроле без удобрений и при внесении  $N_{120}K_{90}$ . Внесение фосфорного удобрения в дозе 30 кг/га сопровождалось повышением содержания белка в зерне тритикале только на первых двух уровнях содержания подвижных фосфатов в рыхлосупесчаной почве.

Таблица 4

**Содержание сырого протеина в зерне гороха и озимого тритикале в зависимости от минеральных удобрений на разных уровнях обеспеченности фосфором дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы**

Содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы (А)	Удобрения под горох (Б)			Удобрения под озимое тритикале (Б)		
	Контроль	$N_{30}K_{90}$	$N_{30}K_{90}P_{60}$	Контроль	$N_{120}K_{90}$	$N_{120}K_{90}P_{30}$
207-209	19,3	20,4	23,4	10,9	11,6	12,3
244-264	20,6	21,7	24,1	11,1	12,2	12,8
286-300	21,8	22,7	25,3	11,5	12,7	12,8
394-400	22,2	22,9	25,0	11,2	12,4	12,6
НСР <sub>05</sub> А	0,64			0,31		
НСР <sub>05</sub> Б	0,91			0,45		

Одними из важнейших показателей качества продовольственного зерна являются содержание клейковины и ее качество, от которых в основном зависят хлебопекарные свойства пшеничной муки. Имеются сведения, что содержание клейковины, представленное широким спектром белковых веществ, может тесно коррелировать с содержанием сырого белка [14, 21]. По данным нашего опыта процент клейковины достоверно увеличивался по мере повышения содержания в почве подвижного фосфора на 1,8-6,3% до третьего уровня – 200 мг/кг (рис.4).

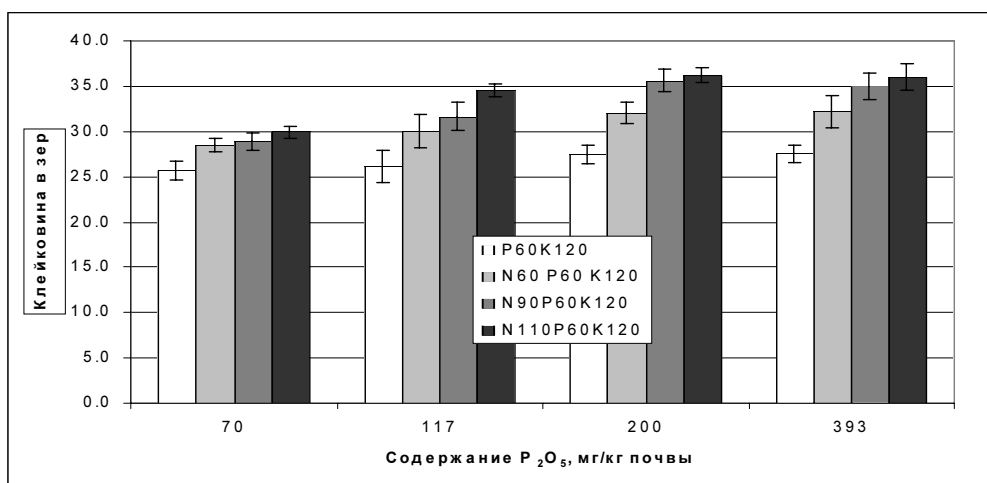


Рис.4. Содержание клейковины в зерне яровой пшеницы в зависимости от возрастающих доз азотных удобрений на разных уровнях обеспеченности фосфором дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой мореной, почвы

Азотные удобрения сильно повышали (на 4,3-8,8%) содержание клейковины в зерне пшеницы. Наибольшие показатели были получены при обеспеченности почвы фосфатами в диапазоне 200-400 мг/кг. Положительное действие фосфорных удобрений на содержание клейковины проявилось на всех уровнях обеспеченности почвы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Калийные удобрения также способствовали повышению содержания клейковины.

При полных дозах NPK клейковина соответствовала 1 группе качества. Ослабление клейковины отмечается при низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором (70 мг/кг), а также на вариантах без удобрений и при несбалансированном минеральном питании по азоту (P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>). Подкормки азотными удобрениями сопровождались не только повышением содержания клейковины в зерне, но и улучшением ее качества.

В зерне пшеницы также определяли содержание аминокислот, и рассчитывали биологическую ценность белка [17]. Установлено существенное влияние обеспеченности почвы фосфором и доз азотных удобрений на аминокислотный состав зерна и его биологическую ценность (табл. 5).

Содержание суммы критических и незаменимых аминокислот в зерне увеличивалось по мере повышения обеспеченности почвы подвижными фосфатами и повышения доз удобрений. Максимальное содержание суммы незаменимых аминокислот получено в варианте с внесением 110 кг азота на фоне РК (N<sub>60</sub>+30+20P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>) – 44,2 г/кг зерна.

Таблица 5

**Влияние удобрений на содержание суммы критических и незаменимых аминокислот в зерне яровой пшеницы (г/кг зерна), в зависимости от содержания  $P_2O_5$  в дерново-подзолистой супесчаной почве, мг/кг почвы**

Варианты	Содержание $P_2O_5$ , мг/кг почвы							
	70		117		200		393	
	критич.	незам.	критич.	незам.	критич.	незам.	критич.	незам.
Контроль	10,1	34,3	10,6	35,3	10,9	36,6	11,1	39,0
$P_{60}K_{120}$	10,1	34,6	10,0	35,1	10,8	37,2	10,8	38,9
$N_{60}P_{60}K_{120}$	10,9	37,9	11,0	38,2	11,0	39,1	10,9	41,9
$N_{90}P_{60}K_{120}$	10,9	38,1	11,1	38,8	11,2	40,7	11,2	43,2
$N_{110}P_{60}K_{120}$	10,8	38,7	10,9	38,7	11,2	41,1	11,2	44,2
$НСР_{05}$	0,22	0,36	0,22	0,36	0,22	0,36	0,22	0,36

Расчет биологической ценности белка показал довольно благоприятное содержание незаменимых аминокислот в сравнении с рекомендуемыми нормами ФАО/ВОЗ (табл. 6).

Таблица 6

**Биологическая ценность белка зерна яровой пшеницы сорт Рассвет в зависимости от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой супесчаной почве удобрений**

Варианты	Аминокислотный скор, % по уровням содержания $P_2O_5$ , мг/кг почвы							
	70		117		200		393	
	АКкр	АКн	АКкр	АКн	АКкр	АКн	АКкр	АКн
Контроль	81	104	84	106	85	108	88	118
$P_{60}K_{120}$	76	98	73	97	79	103	79	108
$N_{60}P_{60}K_{120}$	80	106	78	102	69	93	76	110
$N_{90}P_{60}K_{120}$	75	99	73	97	69	95	76	111
$N_{110}P_{60}K_{120}$	73	100	70	94	68	94	70	106

Содержание критических аминокислот по отношению к рекомендуемому уровню было невысоким и мало зависело от изучаемых факторов. Высокая обеспеченность почв подвижным фосфором способствовала повышению биологической ценности белка, а показатель аминокислотный скор суммы незаменимых аминокислот, достиг 106-118% от норматива ФАО/ВОЗ. Следовательно, высокая обеспеченность почвы фосфором может быть благоприятным фоном для сохранения оптимального, обусловленного особенностью сорта, содержания незаменимых аминокислот при использовании повышенных доз азотных удобрений.



При использовании гороха на продовольственные цели очень важно получить зерно сбалансированное по содержанию аминокислот. Наиболее высокое содержание суммы критических и незаменимых аминокислот наблюдается при внесении  $N_{30}K_{90}P_{30}$  и  $N_{30}K_{90}P_{60}$  на уровне содержания в почве 286 мг/кг фосфора (табл.7). Показатели аминокислотного сора существенно повышались до третьего уровня содержания подвижных фосфатов, достигая при этом 79-85% от требуемых показателей.

Таблица 7

**Содержание аминокислот и биологическая ценность белка в зерне гороха сорт WSB-1 в зависимости от уровней содержания подвижных форм фосфора в почве и доз минеральных удобрений (2006, 2008 гг.)**

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг почвы	Удобрения	Содержание аминокислот, г/кг зерна		Аминокислотный скор, % по шкале ФАО/ВОЗ	
		критические	незаменимые	критические	незаменимые
209	Контроль	13,3	43,1	52	69
264	Контроль	21,8	52,9	74	77
300	Контроль	<b>24,6</b>	<b>59,1</b>	<b>79</b>	<b>81</b>
400	Контроль	18,5	55,1	65	77
209	$N_{30}K_{90}P_{30}$	17,0	51,5	53	65
264	$N_{30}K_{90}P_{30}$	25,9	61,4	77	77
300	$N_{30}K_{90}P_{30}$	<b>28,5</b>	<b>69,0</b>	<b>80</b>	<b>82</b>
400	$N_{30}K_{90}P_{30}$	21,4	65,6	66	82
209	$N_{30}K_{90}P_{60}$	18,1	54,6	59	72
264	$N_{30}K_{90}P_{60}$	26,8	64,0	79	80
300	$N_{30}K_{90}P_{60}$	<b>29,0</b>	<b>72,0</b>	<b>81</b>	<b>85</b>
400	$N_{30}K_{90}P_{60}$	19,0	63,9	58	78
HCP <sub>05</sub>	уровни	0,74	2,00		
	варианты	1,04	2,80		

Содержание суммы критических и незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале имело тенденцию к увеличению только на вариантах без удобрений по мере повышения обеспеченности почвы подвижными фосфатами до уровня P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 286 мг/кг почвы (табл. 8).

Не установлено существенное влияние обеспеченности почвы фосфором и доз фосфорных удобрений на содержание отдельных аминокислот в зерне тритикале. Внесение фосфорных удобрений сопровождалось небольшим повышением содержания незаменимых аминокислот в зерне и практически не влияло на качество белка озимого тритикале. Биологическое качество белка зерна озимого тритикале получило оценку по содержанию критических аминокислот на уровне 51-56%, а по содержанию незаменимых аминокислот – на уровне 80-90% шкалы ФАО/ВОЗ.

**Содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале и качество белка в зависимости от обеспеченности подвижными фосфатами дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы и минеральных удобрений (2007,2009 гг.)**

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг почвы	Удобрения	Содержание аминокислот, г/кг зерна		Аминокислотный скор, % по шкале ФАО/ВОЗ	
		критичес- кие	незамени- мые	критичес- кие	незамени- мые
207	Контроль	7,3	31,5	56	87
244	Контроль	7,4	32,4	54	87
286	Контроль	7,5	33,3	55	86
394	Контроль	7,4	33,1	55	89
207	N <sub>120</sub> K <sub>90</sub>	7,6	34,3	55	89
244	N <sub>120</sub> K <sub>90</sub>	7,4	33,4	51	82
286	N <sub>120</sub> K <sub>90</sub>	7,7	34,2	51	81
394	N <sub>120</sub> K <sub>90</sub>	7,5	33,7	51	81
207	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7,8	35,0	56	90
244	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7,5	33,3	51	80
286	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7,9	35,0	54	84
394	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	8,1	35,6	55	86
НСП <sub>0,5</sub>	уровни	0,45	1,36		
	варианты	0,49	1,48		

Учитывая неблагоприятную динамику повышения цен на минеральные удобрения и энергоресурсы, необходима периодическая актуализация экономической эффективности удобрений. При расчете экономической эффективности были использованы нормативы затрат по технологии возделывания зерновых культур в эквиваленте долларов США согласно методике Института почвоведения и агрохимии [13]. Закупочные цены 2010 года на продовольственную пшеницу взяты с учетом фактического содержания клейковины в зерне по вариантам опыта. Цены на горох – 2 класса для переработки на крупу, а на зерно тритикале – для переработки на муку, соответственно 258,0 и 94,7 USD/т.

Возделывание яровой пшеницы на дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой мореной, почве на продовольственные цели обеспечивает высокую прибыль, в пределах 56-504 долларов США на гектар посева, в зависимости от содержания фосфора в почве и доз минеральных удобрений (табл. 9). Наибольшая прибыль, полученная на варианте сбалансированного удобрения N<sub>110</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>, последовательно повышается от 128 до 504 долларов с гектара, по мере повышения содержания подвижных фосфатов в почве. Доля прибыли, полученная непосредственно за счет удобрений составляет соответственно 70 и 300 долларов, или 55 и 60% от общей прибыли.

Таблица 9

**Экономическая эффективность удобрений под яровую пшеницу  
на разных уровнях содержания подвижных форм фосфора  
в дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой мореной, почве**

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг поч- вы	Удобрения	Уро- жай зерна ц/га	Стоимость в долларах США				Рентабель- ность удобрений, %
			уро- жая	за- трат	Прибыль		
					всего	от удоб- рений	
70	Контроль	21,5	310	252	58		
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	28,0	403	347	56	-1	-2
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	32,1	491	417	74	16	10
117	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	38,0	581	453	128	70	35
	Контроль	26,2	377	267	110		
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	33,4	511	364	147	37	38
200	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	39,1	598	439	159	49	29
	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	44,9	687	475	212	102	49
	Контроль	30,7	442	281	161		
393	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	38,2	584	379	205	44	45
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	44,5	681	456	225	64	37
	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	50,6	774	493	281	120	57
393	Контроль	34,5	497	293	204		
	N <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	51,2	783	420	363	159	127
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	53,9	825	486	339	135	70
	N <sub>110</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	69,0	1056	551	504	300	116

Внесение только азотных и фосфорных удобрений резко снижает прибыль, а при низком содержании фосфора в почве – убыточно. Таким образом, сбалансированное внесение минеральных удобрений и повышение содержания подвижных фосфатов в почве до оптимального уровня является важным условием экономически эффективного возделывания яровой пшеницы на продовольственные цели.

Возделывание гороха на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, подстилаемой мореной, почве на продовольственные цели также обеспечивает высокую прибыль, в пределах 230-682 долларов США на гектар посева в зависимости от содержания фосфора в почве и доз минеральных удобрений (рис. 5).

Повышение содержания подвижных фосфатов от 209 до 300 мг/кг почвы при внесении N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> обеспечивает увеличение общей прибыли на 32%. Доля прибыли за счет минеральных удобрений в дозах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> весьма значительна и составляет от 54 % при содержании P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 209 мг/кг почвы. По мере повышения

содержания фосфора в почве до 300 мг/кг, удельный вес удобрений в формировании общей прибыли снижается до 24%.

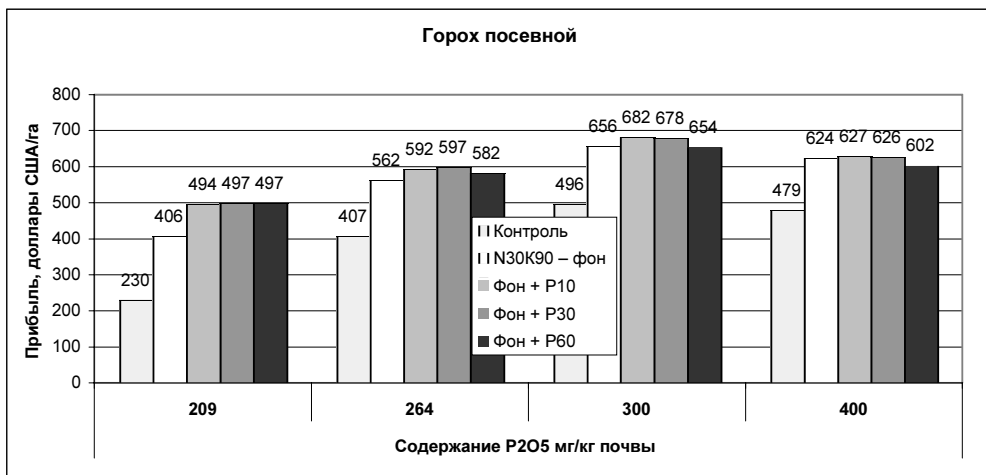


Рис. 5. Экономическая эффективность удобрений под горох посевной на разных уровнях содержания подвижных форм фосфора в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, подстилаемой размытой мореной, почве

Дозы фосфорного удобрения P<sub>30</sub> и P<sub>60</sub> обеспечивают одинаковую прибыль с гектара при содержании P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 209 мг/кг почвы, но преимущество имеет доза P<sub>60</sub>. Это обусловлено как необходимостью повышения качества зерна гороха, так и поддержания фосфатного статуса почвы на оптимальном уровне. При содержании P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в диапазоне 264-300 мг/кг почвы хорошо окупается доза P<sub>30</sub>. На почве с высоким содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 300-400 мг/кг почвы можно ограничиться рядковым внесением P<sub>10</sub>. При очень высокой обеспеченности фосфатами на уровне 400 и более мг/кг почвы достаточно внести азотные и калийные удобрения (N<sub>30</sub>K<sub>90</sub>), так как внесение фосфорного удобрения уже не повышает качество зерна и суммарную прибыль при возделывании гороха. При реализации гороха на переработку в комбикорм прибыль уменьшается в 3-3,3 раза.

Таким образом, на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой мореной, почве, горох посевной на продовольственные цели целесообразно размещать на полях и участках с повышенным содержанием подвижных фосфатов до уровня P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 250-300 мг/кг почвы. При формировании урожайности зерна гороха на уровне 40-50 ц/га оптимальной дозой фосфорного удобрения, обеспечивающего высокое качество зерна и поддержание фосфатного статуса дерново-подзолистой супесчаной почвы при содержании P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 250 мг/кг почв и менее, следует считать P<sub>60</sub> на фоне минимальной дозы азота N<sub>30</sub> и дифференцированных доз калия.

Озимое тритикале – менее требовательная культура к фосфорному питанию. При возделывании тритикале для переработки на муку фосфорное удобрение в дозах P<sub>10-30</sub> обеспечивает окупаемость затрат и увеличение прибыли на 14-29 долларов с гектара при содержании подвижных фосфатов в почве 209-244 мг/кг почвы (рис. 6).

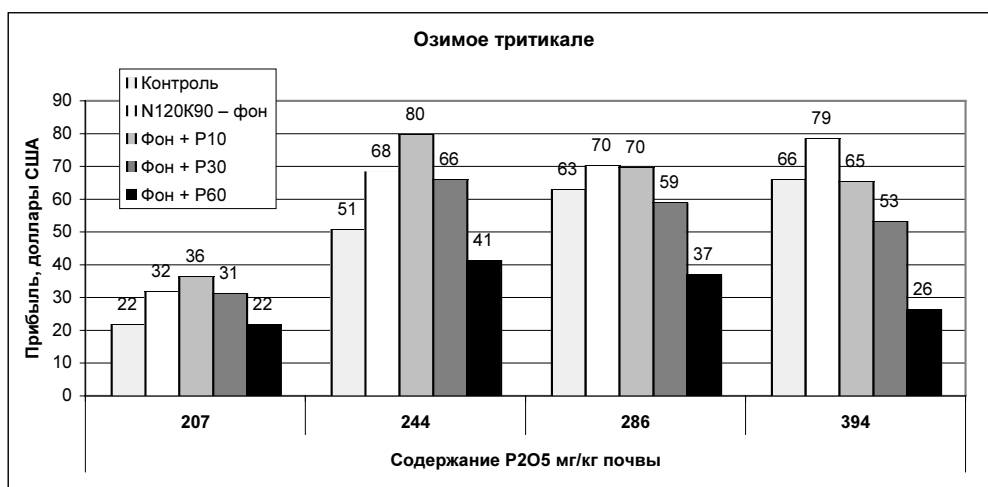


Рис. 6. Экономическая эффективность удобрений под озимое тритикале на разных уровнях содержания подвижных форм фосфора в дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, подстилаемой размытой мореной, почве

Следует отметить, что на удобренных фосфором вариантах наибольшая урожайность зерна тритикале получена на втором уровне содержания фосфатов – 244 мг/ кг почвы. Этот уровень содержания подвижных фосфатов можно считать оптимальным для озимого тритикале на рыхлосупесчаной почве, где при внесении невысокой дозы фосфорного удобрения P<sub>30</sub> на фоне N<sub>120</sub>K<sub>90</sub> можно получать урожайность зерна около 50 ц/га при окупаемости затрат на минеральные удобрения. Наибольшая прибавка урожая 32,5 кг зерна, на 1 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> получена при дозе P<sub>10</sub>. Однако в этом случае будет получен лишь краткосрочный эффект, так как не будет обеспечиваться поддержание статуса подвижных фосфатов в почве на оптимальном уровне. При содержании в почве P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на уровне 286-394 мг/кг близкий экономический эффект обеспечивает внесение как P<sub>10</sub> на фоне N<sub>120</sub>K<sub>90</sub>, так и одного фонового N<sub>120</sub>K<sub>90</sub> удобрения.

## ВЫВОДЫ

1. Содержание подвижных фосфатов является одним из важных диагностических показателей плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв, обуславливающих величину урожайности зерновых культур и качество продукции. Повышение содержания подвижных фосфатов в связносупесчаной, подстилаемой моренным суглинком, почве в диапазоне 70-400 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на кг почвы сопровождается увеличением урожайности зерна яровой пшеницы (до 1,8 раз) и сбора белка с гектара посева (до 1,9 раз). При сбалансированных дозах удобрений урожайность зерна увеличивается на 92 кг/га при повышении содержания фосфатов на каждые 10 мг/кг почвы. На менее плодородной, рыхлосупесчаной, подстилаемой размытой мореной с мощной прослойкой песка, почве прирост урожайности зерновых культур затухает по параболической кривой в диапазоне содержания подвижных фосфатов 200-400 мг/кг почвы. Расчетный максимум зерна гороха и озимого тритикале наблюдается, соответственно при содер-

жании  $P_2O_5$   $314 \pm 25$  и  $347 \pm 23$  мг/кг почвы. Содержание подвижных фосфатов, соответствующее максимуму урожайности зерновых культур следует рассматривать в качестве верхнего уровня оптимального диапазона для полевых севооборотов.

2. Содержание подвижных фосфатов, соответствующее максимальной прибавке урожайности от доз фосфорных удобрений ( $P_{60}$ ), компенсирующих вынос элемента с урожаем предлагается рассматривать как нижний уровень оптимального диапазона для полевых севооборотов. Максимальная расчетная прибавка, за три года эксперимента, составила  $9,7 \pm 1,6$  кг зерна яровой пшеницы на 1 кг  $P_2O_5$  удобрения, при содержании подвижных фосфатов  $184 \pm 9$  мг/кг почвы. Наибольшие прибавки урожайности зерна гороха посевного и озимого тритикале составили, соответственно, 11,3 и 12,3 кг при содержании подвижных фосфатов около 200 мг/кг почвы. Следовательно, содержание  $P_2O_5$  180-200 мг/кг почвы можно считать нижним уровнем оптимального диапазона содержания подвижных фосфатов в супесчаных, подстилаемых моренными суглинками, почвах.

3. Увеличение содержания сырого протеина в зерне яровой пшеницы на 1,3-1,5% наблюдалось по мере повышения содержания подвижных фосфатов с 70 до 200 мг/кг почвы. А в зерне гороха на 1,9-2,5% и озимого тритикале на 0,5-1,1% при содержании  $P_2O_5$  от 200 до 300 мг/кг почвы. Внесение фосфорного удобрения в дозе  $P_{60}$  также сопровождается заметным повышением белковости зерна исследованных культур в указанном диапазоне содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Азотные удобрения сильно повышали (на 4,3-8,8%) содержание клейковины в зерне пшеницы. Наибольшие показатели были получены при обеспеченности почвы фосфатами в диапазоне 200-400 мг/кг. Положительное действие фосфорных удобрений на содержание клейковины проявилось на всех уровнях обеспеченности почвы  $P_2O_5$ .

Повышение содержания в связносупесчаной почве подвижных фосфатов до уровня 400 мг  $P_2O_5$  на кг почвы сопровождалось улучшением аминокислотного состава и повышением биологического качества белка зерна яровой пшеницы. При этом содержание суммы незаменимых аминокислот в белке пшеницы достигло 106-118% от норматива ФАО/ВОЗ. Показатели содержания критических и незаменимых кислот в зерне гороха существенно повышались до содержания подвижных фосфатов 300 мг/кг почвы, достигая при этом 80-85% от норматива. Не установлено существенное влияние обеспеченности почвы фосфором и доз фосфорных удобрений на содержание отдельных аминокислот в зерне тритикале.

4. Улучшение обеспеченности почв фосфором значительно повышает экономическую эффективность возделывания зерновых культур. Прибыль, полученная при возделывании яровой пшеницы на варианте сбалансированного удобрения  $N_{110}P_{60}K_{120}$ , увеличивается со 128 до 504 долларов с гектара, по мере повышения содержания подвижных фосфатов в почве от 70 до 400 мг/кг почвы. При этом доля прибыли, полученная непосредственно за счет удобрений составляет 55-60%. При возделывании продовольственного гороха ( $N_{30}P_{60}K_{90}$ ) повышение содержания подвижных фосфатов от 209 до 300 мг/кг рыхлосупесчаной почвы обеспечивает увеличение общей прибыли с 497 до 678 долларов с гектара. Озимое тритикале – менее требовательная культура к фосфорному питанию.

При возделывании тритикале для переработки на муку ( $N_{120}P_{30}R_{90}$ ), наибольшая урожайность 50 ц/га и прибыль 66 долларов с гектара получены при содержании подвижных фосфатов 244 мг/кг почвы. При реализации тритикале на кормовые цели стоимость продукции едва покрывает затраты на удобрения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]. – Мн.: Институт почвоведения и агрохимии, 2006. – 288 с.
2. Авдонин, Н.С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции / Н.С. Авдонин. – М.: Колос, 1979 – 302 с.
3. Адрианов, С.Н. Закономерности формирования фосфатного режима дерново-подзолистых почв в разных системах удобрения: автореф. дис. д-ра с.-х. наук / С.Н. Адрианов. – М., 2000, – 48с.
4. Адрианов, С.Н. Оценка методов определения подвижных фосфатов в почве / С.Н. Адрианов. // Плодородие. – 2008. – №2 – С. 14-17.
5. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И.Р. Вильдфлуш, А.Р. Цыганов, В.В. Лапа. – Мн.: Хата, 1999. – 196 с.
6. Вильдфлуш, И.Р. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Мн.: Технопринт, 2005 – 276 с.
7. Детковская, Л.П. Влияние удобрений на урожай и качество зерна / Л.П. Детковская, Е.М. Лимантова. – Минск: Ураджай, 1987. – 134 с.
8. Емельянова, Н.А. Белки семян зерновых и масличных культур / Н.А. Емельянова, А.Г. Тихонова. – Москва, 1977. – 314 с.
9. Кирпичников, Н.А. Эффективность и доступность остаточных фосфатов при внесении различных доз суперфосфата и извести / Н.А. Кирпичников, Л.И. Зеськина // Агрохимия. – 1985. – №5 – С.35-40.
10. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Ураджай, 1978. – 328 с.
11. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак – Минск, 2002. – 184 с.
12. Лапа, В.В. Влияние удобрений на продуктивность зернотравяного севооборота и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / В.В. Лапа [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 2. – С.31-35.
13. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.
14. Минеев, В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М.: Колос, 1981. – 288 с.
15. 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.
16. Оптимальные параметры плодородия почв / Т.Н. Кулаковская [и др.]. – М.: Колос. 1984. – 271 с.
17. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2005. – 14 с.

18. Сычев, В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В.Г. Сычев. – Москва: ЦИНАО, 2000. – 187с.
19. Сдобникова, О.В. Фосфорные удобрения и урожай / О.В. Сдобникова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 110 с.
20. Сушеница, Б.А. Фосфатный уровень почв и его регулирование / Б.А. Сушеница. – М.: Колос, 2007. – 376 с.
21. Технология производства и качество продовольственного зерна / Э.М. Мухаметова [и др.]. – Минск: Дизайн ПРО, 1996. – 251 с.
22. Толстоусов, В.П. Удобрения и качество урожая / В.П. Толстоусов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
23. Bergmann, W. Nutritional disorders of plants / W. Bergmann, G. Fisher. – New York, 1992. – 741p.
24. Cramer, M.D. Phosphate as a limiting resource: introduction. *Plant and Soil* (2010) 334:1-10.
25. Ekholm, P. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance / P. Ekholm [et al] // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – Vol.110(3). – 2005. – P. 266-278.
26. Johnston, A.E. *Soil and Plant Phosphate* / A.E. Johnston. – Paris, 2000. – 46p.

## **YIELD AND QUALITY OF CEREAL GRAINS IN RELATION TO P-STATUS OF SOD-POZOLIC LOAMY SAND SOILS AND FERTILIZERS**

**I.M. Bogdevitch, V.A. Mikulich, G.I. Kalenik**

### **Summary**

The field experiments with fertilizer treatments of spring wheat, peas and winter triticale on the four different levels of soil supply with mobile phosphates has been conducted in 2005-2009 on luvisol loamy sand soils in Belarus. It was found the spring wheat grain yield linear increase by factor 1.8 and protein yield by factor 1.9 according to change of mobile  $P_2O_5$  content from 70 to 400 mg/kg of fine textured loamy sand soil. While the grain yields of peas and winter triticale were increasing according to quadratic parabolic curve with maximum in the range of  $P_2O_5$  content 200-400 mg/kg of the coarse textured loamy sand soil. The mobile P content of soil fitted to maximum crop yield represents the upper level of optimal range while the P content fitted to maximum yield increment per 1 kg of P fertilizer represents the lower level of optimal range. There was found significant increase of protein and gluten contents as well as the improvement of amino acid composition and biological quality of grain proteins according to increase of soil P supply levels up to the optimal range.

*Поступила 1 ноября 2010 г.*



## **БАЛАНС И ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**В.Н. Босак<sup>1</sup>, О.Н. Марцуль<sup>2</sup>, Т.М. Серая<sup>2</sup>, Е.Н. Богатырева<sup>2</sup>, Е.Г. Мезенцева<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Белорусский государственный технологический университет,*

*г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Содержание гумуса и элементов питания (азот, фосфор, калий) относится к важнейшим агрохимическим показателям почвенного плодородия. Оценка состояния баланса элементов питания и гумуса в системе почва-удобрения-растения является важной характеристикой эффективности использования минеральных и органических удобрений в сельскохозяйственном производстве [1-4].

Гумусовые вещества почвы, несмотря на сравнительно небольшое содержание, играют важнейшую роль в создании почвенного плодородия и в питании растений. Гумус является энергетической основой биологических процессов, а также источником целого ряда макро- и микроэлементов. Органическое вещество почвы служит своеобразной кладовой витаминов, антибиотиков, гормонов и других подобных соединений, положительно воздействующих на развитие растений. Гумусовые вещества благодаря комплексообразующей и поглотительной способности удерживают в почве многие элементы питания растений, способствуя не только значительному снижению непроизводительных их потерь, но и предотвращению загрязнения окружающей среды, а также увеличивают влагоемкость почв, улучшают их агрофизические и технологические свойства.

Азот входит в состав всех простых и сложных белков, нуклеиновых кислот, играющих исключительно важную роль в обмене веществ в организме. Азот содержится также в хлорофилле, фосфатидах, алкалоидах, ферментах и во многих других органических веществах растительных клеток.

Существенное влияние на многие биохимические процессы в растениях оказывает фосфор. Фосфор участвует в синтезе и распаде сахарозы, крахмала, белков, жиров и многих других соединений; он входит в состав органических веществ растений, таких, как фитин, лецитин, сахарофосфаты, без которых невозможна жизнедеятельность организмов.

Калий в растениях находится в ионной форме и не входит в состав органических соединений клеток. Он содержится главным образом в цитоплазме и вакуолях. Под влиянием калия возрастает накопление крахмала, сахарозы и жира, увеличивается синтез витаминов, в первую очередь тиамина и рибофлавина, и высокомолекулярных углеводов (целлюлоза, гемицеллюлоза, пектиновые вещества), в результате чего утолщаются клеточные стенки соломины злаковых культур и повышается устойчивость их к полеганию, у льна улучшается качество волокна. Калий оказывает положительное влияние на физическое состояние

коллоидов цитоплазмы, увеличивает их обводненность, набухание и вязкость, что содействует нормальным условиям для обмена веществ в клетках, усиливает устойчивость растений к засухе. Этот элемент позитивно влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образования органических кислот в растениях, на процессы углеводного и азотного обмена [3, 5].

В связи с особой значимостью содержания гумуса и элементов питания в почвах, необходим их постоянный агрохимический мониторинг путем проведения балансовых расчетов динамики их содержания, а также непосредственное определение изменения содержания гумуса и элементов питания в пахотном горизонте в звене или за ротацию севооборота.

Цель исследований – определить баланс и динамику гумуса и элементов питания в звене севооборота в зависимости от применения различных видов органических удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению баланса и динамики элементов питания и гумуса в звене севооборота проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в СПК «Щемыслица» 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).

Исследуемые культуры – кукуруза Дельфин, яровое тритикале Узор, люпин узколистный Хвалько.

Схема опыта предусматривала внесение различных видов органических удобрений под кукурузу на фоне полного минерального удобрения под исследуемые культуры: кукуруза –  $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ , яровое тритикале –  $N_{60+30}P_{60}K_{120}$ , люпин узколистный –  $P_{40}K_{90}$ .

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 ( $N_{общ}$  – 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 ( $N_{общ}$  – 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 ( $N_{общ}$  – 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);

– дефекал ( $N_{общ}$  – 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 ( $N_{общ}$  – 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).

Органические удобрения вносили весной под вспашку, фосфорные (аммонизированный суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения согласно схеме опыта – весной под предпосевную культивацию, азотные (карбамид) – весной под предпосевную культивацию и в подкормку (кукуруза – фаза 6-8 листьев культуры, яровое тритикале – фаза первого узла).

Агротехника возделывания исследуемых сельскохозяйственных культур – общепринятая для Республики Беларусь [6-7]. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Агрохимические показатели пахотного горизонта (рН<sub>KCl</sub>, содержание  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , гумус) определяли по общепринятым методикам; балансовые расчеты гумуса и элементов питания – согласно методикам Института почвоведения и агрохимии [5, 8-10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение минеральных и органических удобрений в наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве оказало существенное влияние на баланс элементов питания и гумуса, а также продуктивность звена севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный (табл. 1-2).

Различные виды органических удобрений увеличили продуктивность звена севооборота на 3,6-14,4 ц/га к.ед., минеральные удобрения – на 24,3 ц/га к.ед., полное органоминеральное удобрение – на 27,9-38,7 ц/га к.ед. при общей продуктивности в удобренных вариантах 96,8-111,2 ц/га к.ед.

Наибольшая продуктивность в звене севооборота получена в вариантах с применением 60 т/га подстилочного навоза КРС, 60 т/га торфонавозного компоста, 5 т/га соломы озимого тритикале в сочетании с 40 т/га подстилочного навоза КРС на фоне полного минерального удобрения: 108,9-111,2 ц/га к.ед. при прибавке от внесения органических удобрений 12,1-14,4 ц/га к.ед., полного органоминерального удобрения – 36,4-38,7 ц/га к.ед.

Внесение на фоне 5 т/га вермикомпоста, а также сборных компостов на основе лигнина и дефеката обеспечило продуктивность в звене севооборота 102,7-104,6 ц/га к.ед. при прибавке от применения органических удобрений 5,9-7,8 ц/га к.ед.

**Среднегодовой баланс элементов питания и продуктивность звена севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве**

Вариант	Сбор к.ед., ц/га	Азот		Фосфор		Калий	
		баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %	баланс, ± кг/га	ИБ*, %
Без удобрений	72,5	-65	54	-53	4	-162	7
N <sub>210</sub> P <sub>160</sub> K <sub>330</sub> – фон	96,8	-58	72	-28	66	-117	51
НПК + навоз, 20 т/га	101,6	-48	78	-1	99	-97	61
НПК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub>	100,4	-54	75	-22	73	-99	58
НПК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	100,4	-40	83	+61	175	-118	54
НПК + вермикомпост, 5 т/га	104,6	-65	71	-21	76	-121	53
НПК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub> + навоз, 40 т/га	109,9	-48	82	+25	127	-90	68
НПК + навоз, 60 т/га	111,2	-43	84	+49	153	-70	74
НПК + торфонавозный компост, 60 т/га	108,9	-6	98	+21	124	-79	71
НПК + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	102,7	-52	78	+51	158	-136	48
НПК + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	103,6	-45	81	+59	170	-125	52
НСП <sub>05</sub>	3,5						

Применение в звене севооборота 20 т/га подстилочного навоза КРС, 5 т/га соломы озимого тритикале, а также смеси из жома и дефеката увеличило продуктивность на 3,6-4,8 ц/га к.ед. при общей продуктивности 100,4-101,6 ц/га к.ед.

Научные основы применения удобрений базируются на познании круговорота веществ и их баланса в земледелии. Дефицит элементов питания и, соответственно, возможное истощение почвенных запасов выявляется на основе балансовых расчетов: путем сопоставления поступления элементов питания (с минеральными и органическими удобрениями, корневыми и пожнивными остатками, атмосферными осадками и семенами, симбиотически- и несимбиотически фиксированного азота) с расходными статьями (вынос урожаем, вымывание, потери от эрозии, газообразные потери), которые являются одним из способов проверки предполагаемой системы удобрения [8-9].

Применение в наших исследованиях в звене севооборота минеральных и органических удобрений обеспечило интенсивность баланса азота 71-98%, чему способствовало также возделывание в севообороте люпина узколистного. Баланс фосфора в звене севооборота в зависимости от исследуемого варианта составил 66-175%, калия – 48-74%.

Таблица 2

**Баланс гумуса в звене севооборота на дерново-подзолистой  
легкосуглинистой почве**

Вариант	Баланс гумуса, кг/га		
	гумификация	минерализация	баланс, ±
Без удобрений	2437,7	3382,4	-944,7
N <sub>210</sub> P <sub>160</sub> K <sub>330</sub> – фон	2933,6	3138,4	-204,8
НРК + навоз, 20 т/га	3891,0	3347,7	+543,3
НРК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub>	3744,6	3302,7	+441,9
НРК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	4877,7	3612,8	+1264,9
НРК + вермикомпост, 5 т/га	3514,2	3527,2	-13,0
НРК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub> + навоз, 40 т/га	5946,7	4137,5	+1809,2
НРК + навоз, 60 т/га	6120,0	4187,2	+1932,8
НРК + торфонавозный компост, 60 т/га	6065,0	3864,9	+2200,1
НРК + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	5932,9	3598,2	+2334,7
НРК + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	5947,7	3616,8	+2330,9

Отрицательный баланс гумуса в звене севооборота получен в контрольном варианте без удобрений (-944,7 кг/га), при отдельном применении минеральных удобрений (-204,8 кг/га), а также в варианте с внесением вермикомпоста (-13,0 кг/га). В остальных исследуемых вариантах внесение различных видов органических удобрений способствовало положительному балансу гумуса в звене севооборота от +441,9 до +2334,7 кг/га.

Следует отметить, что балансовые методы позволяют прогнозировать уменьшение или увеличение элементов питания и гумуса в почве, однако наиболее точно изменение содержания основных агрохимических показателей отражает непосредственное их определение за ротацию севооборота [3].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в вариантах с применением традиционных видов органических удобрений (подстильный навоз, солома, торфонавозный компост) кислотность почвы за три года исследований практически не изменилась. В контрольном варианте без применения удобрений, а также в варианте с отдельным применением полного минерального удобрения также не отмечено существенного изменения кислотности почвы.

Применение в звене севооборота смеси жома и дефеката (40 т/га), а также сборных компостов на основе лигнина и дефеката (60 т/га) привело к значительному изменению почвенной кислотности в сторону ее подщелачивания – показатель рН возрос на 0,47-0,67 ед., что связано, прежде всего, с нейтрализующим действием дефеката [11].

Таблица 3

**Динамика агрохимических показателей дерново-подзолистой  
легкосуглинистой почвы в зависимости от применения удобрений  
в звене севооборота**

Вариант	рН <sub>KCl</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг		Гумус, %	
	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.	2007 г.	2010 г.
Без удобрений	6,33	6,35	340	336	283	221	1,57	1,50
N <sub>210</sub> P <sub>160</sub> K <sub>330</sub> – фон	6,32	6,30	357	355	282	225	1,59	1,51
НРК + навоз, 20 т/га	6,28	6,29	345	347	291	232	1,63	1,58
НРК + солома озимого тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub>	6,36	6,42	329	336	273	239	1,61	1,55
НРК + жом, 20 т/га + дефекат, 20 т/га	6,37	6,84	326	334	261	254	1,64	1,65
НРК + вермикомпост, 5 т/га	6,39	6,31	331	335	264	258	1,65	1,58
НРК + солома оз. тритикале, 5 т/га + N <sub>40</sub> + навоз, 40 т/га	6,44	6,40	322	337	253	264	1,87	1,90
НРК + навоз, 60 т/га	6,50	6,47	358	374	277	284	1,92	1,98
НРК + торфонавозный компост, 60 т/га	6,51	6,53	360	376	267	278	1,85	1,92
НРК + компост (лигнин + дефекат), 60 т/га	6,78	7,45	332	343	271	275	2,01	1,98
НРК + компост (лигнин + дефекат + навоз), 60 т/га	6,89	7,37	341	351	287	292	2,09	2,05
НСП <sub>05</sub>	0,3	0,3	16	17	14	12	0,08	0,07

Некоторая тенденция снижения подвижного фосфора в почвенном горизонте исследуемой почвы отмечена лишь в контрольном варианте без применения удобрений, а также в варианте с отдельным применением минеральных удобрений. Во всех вариантах с полным органоминеральным удобрением отмечена тенденция увеличения подвижного фосфора в пахотном горизонте с наибольшими показателями (+15-+16 мг/кг) при внесении 60 т/га подстильного навоза или торфонавозного компоста, а также 40 т/га подстильного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале.

Существенное снижение содержания подвижного калия в пахотном горизонте в звене севооборота отмечено в контрольном варианте без применения удобрений, в варианте с отдельным внесением минеральных удобрений, а также в вариантах с полным органоминеральным удобрением при внесении невысоких доз органических удобрений (20 т/га подстилочного навоза и 5 т/га соломы озимого тритикале): от -34 до -62 мг/кг почвы.

При применении в качестве органических удобрений смеси жома и дефеката (40 т/га), а также вермикомпоста (5 т/га) наблюдалась лишь некоторая тенденция снижения содержания подвижного калия. В вариантах с применением 60 т/га подстилочного навоза или компостов, а также 40 т/га подстилочного навоза в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале, отмечена положительная тенденция увеличения содержания подвижного калия в звене севооборота.

Некоторое снижение содержания гумуса в звене севооборота отмечено в контрольном варианте без применения удобрений, в варианте с отдельным применением минеральных удобрений, а также в вариантах с внесением 20 т/га подстилочного навоза, 5 т/га соломы озимого тритикале, 5 т/га вермикомпоста, а также 60 т/га сборных компостов на основе лигнина и дефеката. Наибольшая тенденция увеличения содержания гумуса в пахотном горизонте исследуемой почве наблюдалась в вариантах с внесением 60 т/га подстилочного навоза и торфонавозного компоста.

Следует отметить, что система удобрения в наших исследованиях согласно существующим нормативам была рассчитана на ротацию севооборота, в связи, с чем расчеты баланса элементов питания и гумуса, а также динамика агрохимических показателей пахотного горизонта также более информативны за ротацию севооборота [2, 3, 5]. Однако расчет данных показателей в звене севооборота позволяет проследить динамику данных показателей во времени, что является научной основой для корректировки предложенной системы удобрения.

## ВЫВОДЫ

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение различных видов органических удобрений обеспечило прибавку продуктивности 3,6-14,4 ц/га к.ед., полного минерального удобрения – 24,3 ц/га к.ед. при общей продуктивности в звене севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный в удобренных вариантах 96,8-111,2 ц/га к.ед.

Воспроизводство содержания важнейших агрохимических показателей в пахотном горизонте (рН, содержание гумуса, подвижных соединений фосфора и калия) дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обеспечило внесение 60 т/га подстилочного навоза КРС, 60 т/га торфонавозного компоста, 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале на фоне полного минерального удобрения  $N_{210}P_{160}K_{330}$ , где получена также максимальная продуктивность звена севооборота 108,9-111,2 ц/га к.ед.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В.Н. Баланс гумуса в севооборотах на дерново-подзолистых почвах / В.Н. Босак. – Минск: БелНИВНФХ в АПК, 2008. – 28 с.

2. Босак, В.Н. Органические удобрения / В.Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
3. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 184 с.
4. Рекомендации по применению различных видов органических удобрений под сельскохозяйственные культуры / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 38 с.
5. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
7. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
8. Методика расчета баланса гумуса в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 20 с.
9. Методика расчета баланса элементов питания в земледелии Республики Беларусь / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 26 с.
10. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.
11. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.

## **BALANCE AND DYNAMICS OF AGROCHEMICAL INDICATORS DEPENDING ON APPLICATION OF FERTILIZERS IN A CROP ROTATION LINK ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL**

**V.N. Bosak, O.N. Martsul', T.M. Seraya, E.N. Bogatyreva, E.G. Mezentseva**

### **Summary**

In research on sod-podzolic light loamy soil reproduction of the contents of the major agrochemical indicators in arable horizon has provided entering of straw manure of cattle of 60 t/ha, 60 t/ha of divot and manure compost, 40 t/ha of straw manure of cattle in a combination to 5 t/ha of straw winter triticale on a background of full mineral fertilizer  $N_{210}P_{160}K_{330}$ . Application of the given system of fertilizer promoted also to reception maximum productivity of a crop rotation link of 108,9-111,2 c/ha f.u.

*Поступила 29 сентября 2010 г.*



## ПРИМЕНЕНИЕ ЖИДКИХ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ОЗИМОЙ РЖИ

Ф.И. Привалов<sup>1</sup>, В.К. Павловский<sup>2</sup>,

Г.В. Пироговская<sup>3</sup>, Г.В. Будевич<sup>1</sup>, Г.Н. Шанбанович<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию,  
г. Жодино, Беларусь

<sup>2</sup>Министерство сельского хозяйства и продовольствия, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

<sup>4</sup>Институт льна, Витебская обл., Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Основой формирования высоких урожаев озимой ржи является сбалансированное питание растений на протяжении всего онтогенеза. Особенно нуждаются растения в комплексе питательных элементов в начальный период их роста и развития. Обеспеченность семян необходимыми макро- и микроэлементами способствует повышению всхожести и прорастанию семян, что обеспечивает оптимальное формирование продуктивного ценоза.

В зарубежной практике (Японии, Франции, США, ФРГ) для инкрустации семян и некорневых обработок растений по вегетации широко используют различные композиционные составы и жидкие комплексные удобрения с хелатными формами микроэлементов [1]. Преимущество этих составов и удобрений, по сравнению со смесями химических солей микроэлементов, заключается в том, что они практически не токсичны, достаточно растворимы в воде, обладают высокой устойчивостью в широком диапазоне pH, хорошо сочетаются со средствами защиты. Доступность этих соединений и практическое получение в производственных масштабах является перспективным для использования в растениеводстве [2].

В настоящее время в Республике Беларусь разработаны и зарегистрированы в Государственном реестре средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории республики, различные защитно-стимулирующие композиции для предпосевной обработки семян зерновых культур, включающие протравитель, регулятор роста растений, микроэлементы, прилипатель. Например, жидкие композиционные удобрения Сейбит П, Хелком-П4, Хелком-моно Си, Гисинар М [3].

РУП «Институт почвоведения и агрохимии» совместно с ОАО «Гомельский химический завод» в период с 2006 по 2009 гг. разработали целую серию новых жидких комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов для подкормок конкретных сельскохозяйственных культур, в том числе и для зерновых. В составе удобрений жидких комплексных для зерновых культур марки 8-4-9-0,15(Cu) – 0,10(Mn) содержится 98,6 г/л азота, 49,3 г/л фосфора, 111 г/л калия, а также хелатные формы меди (Си – 1,2 г/л) и марганца (Mn – 1,2 г/л), pH 6-8 [4].

Учитывая высокую технологичность и эффективность новых жидких комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов при некорневых обработках на посевах зерновых культур, нами была предпринята попытка

использовать их для предпосевной обработки семян в качестве источника макро- и микроэлементов, необходимых растениям на ранних этапах их роста и развития. Поэтому целью наших исследований являлось изучение эффективности удобрений жидких комплексных с хелатными формами меди и марганца при предпосевной обработке семян озимой ржи в отдельности и в композиционных составах с протравителем.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Объекты исследований: протравитель Кинто Дуо ТК, новые формы удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов (Си и Мп), марка N-P-K = 8-4-9-0,15(Cu) - 0,10(Mn) – удобрение № 1 и 8-4-9-0,15(Cu) – 0,10(Mn) + регулятор роста растений «гидрогумат» – удобрение № 2, сорт озимой ржи Спадчина. Семена инкрустировали с прилипателем Гисинар перед посевом.

Посев осуществляли сеялкой СПУ-6, норма высева 4,5 млн. всхожих зерен на гектар, размер делянки 25 м<sup>2</sup>, повторность 4-х кратная. Опыты проводили в э/б «Устье» Оршанского района Витебской области 2007-2009 гг.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0,35 м рыхлым песком со следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта: рН в КСl – 5,2-5,4, содержание гумуса – 2,28%, подвижных форм Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – 218 и К<sub>2</sub>О – 225 мг/кг почвы. Предшественник – лен.

Во время вегетации проводились наблюдения за ростом и развитием растений, учеты болезней, фитозэкспертиза семян перед посевом. Перед уборкой структурный анализ снопового материала. Уборка по делянкам осуществлялась комбайном Сампо 500.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

После обработки семян защитно-стимулирующими составами проведена фитозэкспертиза на инфицированность патогенной микрофлорой (табл. 1).

Данные фитозэкспертизы показывают, что обработка семян озимой ржи только протравителем позволила полностью освободить семена от альтернариозной инфекции и в 7 раз снизить фузариозную. Биологическая эффективность защитно-стимулирующих составов жидким комплексным удобрением с медью и марганцем в хелатной форме с протравителем не уступала отдельному протравителю и составляла по фузариозной инфекции 80,9-85,7%, альтернариозной 96,3-100%, по суммарной инфекции – 93,4-94,7%.

Следует отметить, что особенно важно освобождение семенного материала от фузариозной инфекции, которая ухудшает перезимовку растений ржи из-за поражения их корневыми гнилями, способствует проявлению снежной плесени, если создаются неблагоприятные условия для перезимовки.

Лабораторная всхожесть семян при обработке в зависимости от вариантов опыта повышалась на 2-4%, что также благоприятно сказывалось на полевой всхожесть, которая оказалась выше контроля во всех вариантах опыта и составляла 330-340 растений на м<sup>2</sup>. Растения ушли в перезимовку раскустившиеся

(2,7-3 побега), превысив контрольный вариант без обработки и с применением только одного протравителя (табл. 2).

*Таблица 1*

**Биологическая эффективность препаратов  
против семенной инфекции озимой ржи,  
(среднее за 2007-2009 гг.)**

Вариант	Фузариоз		Альтернариоз		Суммарная инфекция	
	пораже- ние, %	биолог. эффек- тив- ность, %	пораже- ние, %	биолог. эффек- тив- ность, %	пораже- ние, %	биолог. эффек- тив- ность, %
Контроль (без обработки)	21,0	-	55,0	-	76,0	-
Кинто Дуо, ТК – 2,5 л/т	3,0	85,7	0	100,0	3,0	96,0
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами, 2,5 л/т	20,0	4,7	25,0	54,5	45,0	40,8
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами (2,5 л/т), №1 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	4,0	80,9	0	100,0	4,0	94,7
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами и регулятором роста растений (2,5 л/т), №2 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	3,0	85,7	2,0	96,3	5,0	93,4

Перед уходом в зиму определяли биометрические показатели роста растений ржи. Не наблюдалось фитотоксичности смесей при обработке семян, скорее выявлена стимуляция по высоте растений на 17,2-21,8% и по длине корневой системы на 20-26% по отношению к контролю соответственно на 5,7-6,5% и 1,6-6,7% по отношению к протравителю. Перезимовка растений по всем вариантам оказалась высокой: на контроле – 92,2%, при обработке семян – 94,9-96,7%.

**Влияние обработки семян озимой ржи на всхожесть,  
ростовые процессы и перезимовку, (среднее за 2007-2009 гг.)**

Вариант	Лабораторная всхожесть, %	Полевая всхожесть		Показатели роста			Перезимовка	
		растений шт./м <sup>2</sup>	%	длина растений, см	длина корня, см	кустистость шт./раст.	кол-во раст./м <sup>2</sup>	%
Контроль (без обработки)	92,0	320	71,1	11,0	5,0	2,0	295	92,2
Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	95,0	336	74,7	12,2	5,9	2,5	320	95,2
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами, 2,5л/т	96,0	334	74,2	13,4	5,9	2,7	323	96,7
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами (2,5 л/т), №1 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	96,0	336	74,7	13,0	6,3	3,0	319	94,9
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами и регулятором роста растений (2,5 л/т), №2 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	94,0	340	75,6	12,9	6,0	2,9	329	96,7
НСР <sub>05</sub>	4,7	20,1	-	0,69	0,41	0,16	27,2	-

Следует отметить, что сорта тетраплоидной ржи нашей селекции отличаются высокой зимостойкостью, так как этот признак предопределен генетически из-за присутствия в родословной источников устойчивости, поэтому только в определенные годы с экстремально неблагоприятными условиями наблюдается изреживание посевов.

Поражение посевов снежной плесенью в контрольном варианте составляло 34,5%, однако, следует отметить, что болезнь развивалась в основном на листовой пластинке не проникая в узел кущения, поэтому гибель растений оказалось невысокой. Обработка семян протравителем Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т и удобрениями жидкими комплексными была эффективной, биологическая эффективность против снежной плесени высокая – 83,1-86,6%. В период вегетации посевы в меньшей мере поразились и корневыми гнилями, биологическая эффективность против корневых гнилей составила 37,9-38,8%, а фактическое развитие болезни, в сравнении с контролем, было ниже на 10% (табл. 3).

Таблица 3

**Развитие снежной плесени и корневых гнилей  
в посевах озимой ржи в зависимости от обработки семян ЗСС,  
(среднее за 2007-2009 гг.)**

Вариант	Снежная плесень		Корневые гнили	
	поражение, %	биолог. эффектив- ность, %	развитие болезни, %	биолог. эффектив- ность, %
Контроль (без обработки)	34,5	-	32,4	-
Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	7,2	79,1	21,6	33,3
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами, 2,5 л/т	19,6	43,1	30,7	5,2
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами (2,5 л/т), №1 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	5,8	83,1	19,8	38,8
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами и регулятором роста растений (2,5 л/т), №2 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	4,6	86,6	20,1	37,9

Анализ полученной урожайности подтвердил эффективность новых удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов и удобрений с микроэлементами и регулятором роста растений, при использовании их для предпосевной обработки семян. Достоверная прибавка в 5,2-6,2 ц/га получена в вариантах при применении удобрений жидких комплексных №1 и №2 вместе с протравителем (табл. 4).

Повышение урожайности в вариантах с удобрением жидким комплексным №1 + Кинто Дуо ТК обеспечено за счет плотного ценоза (количество продуктивных стеблей на м<sup>2</sup>) на 11,0% выше, чем в контрольном варианте. При использовании удобрения жидкого комплексного №2 + Кинто Дуо ТК прибавка урожайности получена за счет показателей продуктивности колоса.

Оценка экономической эффективности применения удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов и регулятора роста растений при инкрустации семян озимой ржи приведена в табл. 5.

Таблица 4

## Урожайность и показатели структуры урожая озимой ржи при обработке семян ЗСС, (среднее за 2007-2009 гг.)

Вариант	Урожайность			Показатели структуры			
	ц/га	± к кон- тролю	%	кол-во стеб- лей, м <sup>2</sup>	кол-во зерен в колосе, шт.	масса зерен с колоса, г	масса 1000 зерен, г
Контроль (без обработки)	38,0	-	-	310	40,3	1,27	31,5
Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	39,2	1,2	103,2	290	44,8	1,36	30,6
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами, 2,5 л/т	42,2	4,2	111,0	278	43,8	1,32	30,2
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами (2,5 л/т), №1 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	44,2	6,2	116,3	340	47,7	1,29	27,1
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами и регулятором роста растений (2,5 л/т), №2 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	43,2	5,2	113,7	330	45,1	1,60	35,5
НСР <sub>05</sub>	2,6	-	-	17,0	3,1	0,08	2,5

Таблица 5

## Экономическая эффективность применения удобрений жидких комплексных при инкрустировании семян озимой ржи, (\$ США)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость дополнительной продукции	Всего затрат, 1га	Чистый доход на 1 га	Прибыль на единицу затрат	Рентабельность, %
Контроль (без обработки)	38,0	-	-	-	-	-	-
Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	39,2	1,2	36,5	38,5	-2,0	-0,05	-5

## Плодородие почв и применение удобрений

Окончание таблицы 5

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	Стоимость допол-нительной про-дукции	Всего за-трат, 1га	Чистый доход на 1 га	При-быль на еди-ницу затрат	Рента-бель-ность, %
			тыс. руб.				
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами, 2,5 л/т	42,2	4,2	127,7	40,5	87,2	2,15	215
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами (2,5 л/т), № 1 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	44,2	6,2	188,5	86,3	102,2	1,18	118
Удобрения жидкие комплексные с микроэлементами и регулятором роста растений (2,5 л/т), № 2 + Кинто Дуо ТК – 2,5 л/т	43,2	5,2	158,0	77,1	80,9	1,05	105

Стоимость Кинто Дуо ТК на 1 тонну семян для протравливания (апрель 2009 г.) составила – 135,7 тыс. рублей (1 л равен 18,1\$ США). Стоимость (на 1.05.2009 г.) одной тонны удобрения жидкого комплексного (с НДС 18%) для зерновых культур на ОАО «Гомельский химический завод» составляла 2454400 руб., стоимость удобрений на 1 тонну семян соответственно – 6136 (удобрение №1) и 6750 руб. (удобрение №2). Стоимость зерна озимой ржи 304 тыс. руб. за тонну.

Общие затраты на стоимость препаратов, обработку семян, уборку, доработку и реализацию прибавки урожая, в варианте с Кинто Дуо ТК составили – 38,5, с удобрением жидким комплексным в чистом виде – 40,5 и в вариантах с защитно-стимулирующими составами – 77,1-86,3 руб.

Чистый доход при использовании удобрений жидких комплексных в инкрустирующих смесях с Кинто Дуо ТК при обработке семян озимой ржи на 1 га составил – 80,9-102,2 тыс. руб., рентабельность – 105-118%, что позволяет считать этот прием эффективным и ресурсосберегающим.

### ВЫВОДЫ

Применение новых форм удобрений жидких комплексных для зерновых культур, марки N-P-K = 8-4-9-0,15(Cu – в хелатной форме) – 0,10(Mn – в хелат-

ной форме) в компонентных составах с протравителем, при предпосевной обработке семян озимой ржи, обеспечивало, по сравнению с протравителем Кинто Дуо ТК:

- увеличение урожайности зерна в пределах от 11 до 16,3%;
- на ранних этапах органогенеза повышалась всхожесть семян, улучшалась перезимовка и сохранность растений в течение вегетации;
- снижалась инфицированность семян и развитие других болезней: биологическая эффективность защитно-стимулирующих составов жидким комплексным удобрением с медью и марганцем в хелатной форме с протравителем не уступала отдельному протравителю и составляла по фузариозной инфекции 80,9-85,7, альтернариозной 96,3-100%, по суммарной инфекции – 93,4-94,7%; наблюдалась более высокая устойчивость растений против снежной плесени (биологическая эффективность составляла – 83,1-86,6%), посевы в меньшей мере поражались корневыми гнилями (биологическая эффективность – 37,9-38,8%).

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Возделывание зерновых / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Москва: Аграрная наука, 1998. – 384 с.
2. Жидкие удобрения для внекорневой подкормки сельскохозяйственных культур: рекламный проспект, отпечатан в типографии Поликрафт.
3. Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь: справ. изд. – Минск: Белбланкавыд, 2008. – 460 с.
4. Применение удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов под сельскохозяйственные культуры / Пироговская Г.В. [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 40 с.

### **APPLICATION OF LIQUID COMPLEX FERTILIZERS AT PRESOWING PROCESSING OF SEEDS OF WINTER RYE**

**F.I. Privalov, V.K. Pavlovskij, G.V. Pirogovskaya,  
G.V. Budevich, G.N. Shanbanovich**

#### **Summary**

It is established that application of new forms of liquid complex fertilizers for grain crops, mark N-P-K = 8-4-9-0,15 (Cu) – 0,10 (Mn) in component structures at presowing processing of seeds is effective reception of increase of productivity of winter rye, at the expense of increase of shoots of seeds at early stages of development, processes of growth, improvement of overwintering and safety of plants during vegetation, and also decrease in an infection of seeds and developments of other diseases that has provided an increase of productivity of grain in limits from 11 to 16,3%.

*Поступила 24 сентября 2010 г.*



## НАКОПЛЕНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ОЗИМОЙ РЖИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДИНАМИКИ НАЛИВА

О.С. Радовня, В.А. Радовня, Л.П. Шиманский

*Полесский институт растениеводства,*

*Мозырский р-н, п. Криничный, Беларусь*

В нашей республике, как и в других странах, возделывающих рожь, значительное ее количество используется на кормовые цели [1]. В связи с этим перед селекционерами стоит задача повысить содержание белка в зерне, что решается через подбор исходного материала, обладающего необходимыми качествами и последующий отбор в гибридных популяциях. В то же время является актуальной разработка простых и эффективных методов отбора высокобелковых образцов.

В литературе имеются данные, что процессы синтеза белка активно продолжаются в фазе налива (фазы молочной и восковой спелости). При равной продуктивности высокобелковыми оказываются именно такие генотипы [2]. На уровень содержания белка в зерне оказывает влияние большое число селекционных признаков: развитие корневой системы, устойчивость к корневым гнилям и болезням листьев, высота растений, число зерновок в колосе и на единицу площади, масса 1000 зерен и др. [3]. В то же время все данные признаки оказывают решающее влияние и на скорость накопления сухого вещества в зерне (динамику налива). Однако до настоящего времени не изучены особенности динамики налива современных сортов озимой ржи.

Цель – изучить зависимость содержания белка в зерне от других хозяйственно-ценных признаков, в том числе и от динамики налива зерна.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыты проводились в 2005-2006 гг. на полях РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Объекты исследований – районированные и перспективные сорта тетраплоидной (7 образцов) и диплоидной (8 образцов) озимой ржи отечественной селекции. В опытах применялась агротехника, рекомендуемая для Центральной зоны республики [1]. На каждом варианте в основные фазы налива зерна отбирались образцы (с 8 пробных площадок по 0,25 м<sup>2</sup>). Лабораторная оценка зерна велась по общепринятым методикам, сырой белок определялся в лаборатории массовых анализов НПЦ по земледелию методом инфракрасной спектроскопии (калибровка осуществлялась по методу Кьельдаля с использованием коэффициента 5, 7;  $r = 0,97$ ).

Погодные условия в период налива существенно различались, что позволило проследить реакцию диплоидных и тетраплоидных сортов озимой ржи на внешние условия. В 2005 г. фаза молочной спелости наступила 2 июля, а продолжительность периода молочная-полная спелость составила 25 дней (рис. 1). Ввиду засушливых условий в 2006 г. налив зерен происходил ускоренно, молочная спелость наступила 6 июля, а полная – 19 июля, продолжительность периода составила лишь 13 дней.

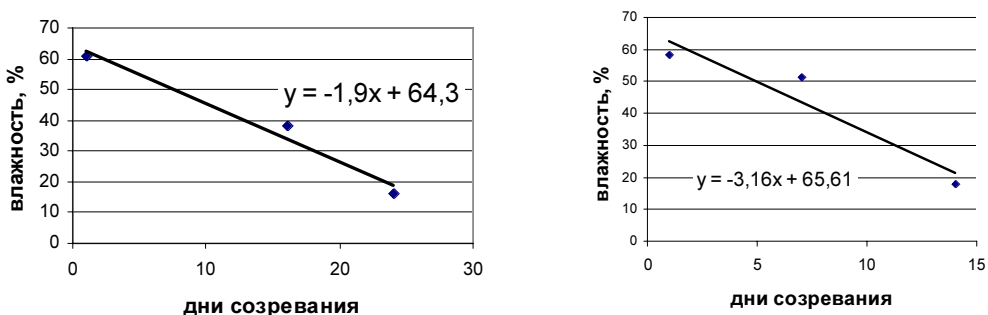


Рис. 1. Динамика влагоотдачи при созревании зерна озимой ржи в 2005 и 2006 гг. (среднее по 15 сортам)

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что изучаемые сорта существенно различались по динамике налива (т.е. накопления сухого вещества в зерне) и реагировали на погодные условия в период налива. В каждой группе сортов можно выделить как резко созревающие (Искра и Спадчына, Калинка), так и плавно созревающие (Полновесная, Бирюза и Зарница).

Динамика формирования массы 1000 зерен полностью отражала погодные условия в период налива (рис. 2). Если в 2005 г. наблюдался плавный налив зерна, масса 1000 зерен увеличилась до 36–47 г в фазе восковой спелости и затем в условиях затяжной влажной погоды уменьшилась до 34–43 г, то в 2006 г. налив зерна носил практически прямолинейный характер. Истекание зерна в фазе восковой спелости по различным диплоидным сортам составило не более 2,2–3,6 г, а тетраплоидные сорта увеличили массу 1000 зерен на 1,2–8,6 г. В исследованиях отмечено, что в зависимости от погодных условий сорта озимой ржи по-разному формируют массу 1000 зерен. Вместе с тем ежегодно наиболее крупное зерно формировали сорта Спадчына (4n), Алькора, Бирюза и Лота (2n).

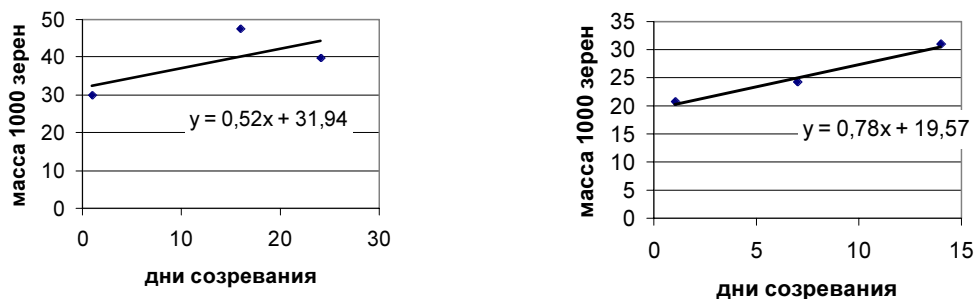


Рис. 2. Динамика формирования массы 1000 зерен в 2005 и 2006 гг. (среднее по 15 сортам)

Содержание сырого белка в сухом веществе ( $B_{\text{сух}}$ ) определялось нами в основные фазы налива зерна: молочную ( $B_{\text{сух-м}}$ ) и восковую ( $B_{\text{сух-в}}$ ). Кроме того, мы

## Плодородие почв и применение удобрений

применили расчетные показатели обеспеченности растений азотом: содержание белка в расчете на 1000 зерен ( $B_{1000}$ ) и содержание белка в расчете на 1 колос ( $B_{\text{колос}}$ ) (табл. 1).

Таблица 1

### Динамика накопления белка в зерне сортов озимой ржи

Год		Б <sub>сух</sub> , % абс. сух. вещества		B <sub>1000</sub> (в. сп.), г	B <sub>колос</sub> (в. сп.), мг	Скорость накопления белка (Б <sub>сух</sub> ) за период м. сп. – в. сп.		
		м. сп.	в. сп.			% в сутки/ абс. сух. вещества	г в сутки / 1000 зерен	мг в сутки / 1 колос
<b>Тетраплоидные сорта</b>								
2005	среднее	9,0	10,3	2,1	81	0,09	0,10	3,7
	мин.	8,8	10,1	1,97	74	0,07	0,06	2,2
	макс.	9,1	10,6	2,25	86	0,12	0,13	5,1
2006	среднее	11,9	12,1	4,7	181	0,02	0,15	5,8
	мин.	11,4	11,5	4,26	152	-0,06	0,06	2,4
	макс.	12,5	12,6	5,12	216	0,13	0,28	12,5
среднее за 2 года		9,7	10,8	2,8	106	0,07	0,11	4,2
<b>Диплоидные сорта</b>								
2005	среднее	9,8	11,0	2,8	122	0,08	0,11	4,8
	мин.	8,5	10,3	2,6	108	0,06	0,06	2,6
	макс.	10,6	11,7	3,3	144	0,14	0,14	6,1
2006	среднее	12,5	12,7	5,8	236	0,02	0,27	10,7
	мин.	12,5	12,7	5,8	236	0,02	0,27	10,7
	макс.	12,5	12,7	5,8	236	0,02	0,27	10,7
среднее за 2 года		10,4	11,4	3,6	152	0,07	0,14	6,0

м. сп. – молочная спелость

в. сп. – восковая спелость

Следует отметить, что в благоприятном для налива 2005 г. в период молочной-восковой спелости зерна происходило увеличение  $B_{\text{сух}}$  на 1,02-2,31%, тогда как в 2006 г. оно осталось практически без изменений.

Ввиду быстрого созревания в 2006 г. скорость накопления  $B_{\text{сух}}$  значительно колебалась по сортам, тогда как в 2005 г. она была практически равной (0,07-0,09% в сутки). Исключением являлся новый сорт Алькора, который характеризовался наименьшим содержанием белка в фазе молочной спелости, а затем быстрым его накоплением, что говорит о высоком потенциале сорта эффективно использовать азот во второй половине вегетации, реутилизировать его и накапливать в зерне.

В отличие от показателя  $B_{\text{сух}}$ , показатели содержания белка в расчете на 1000 зерен ( $B_{1000}$ ) и содержание белка в расчете на 1 колос ( $B_{\text{колос}}$ ) в большей степени характеризуют обеспеченность растений азотом и их способностью активно его потреблять и накапливать в центрах ассимиляции. Анализ всех трех показателей позволяет судить об эффективности использования азота в растении: использовался ли он для формирования числа элементов продуктивности, шел в запас или использовался растением малоэффективно.

Например, сорт озимой ржи Игуменская в 2005 г., обладая наибольшим  $B_{\text{сух}}$  (10,5%), содержал наименьшее его количество в расчете на 1 колос и на 1000 зерен. Другой сорт Спадчына при том же  $B_{\text{сух}}$  содержал наибольшее количество белка в элементах продуктивности, что говорит о большей эффективности потребления азота и протекания процессов метаболизма. Аналогичная картина по данным сортам складывалась и в 2006 г.

Среди диплоидных сортов по эффективности потребления азота и накоплению белка бесспорное преимущество имел гибрид Лобел 203, а также сорта Зубровка, Талисман и Юбилейная.

Для определения связи белковости с морфологией колоса и динамикой налива зерна озимой ржи нами проведен корреляционный анализ (табл. 2). В исследуемые годы погодные условия оказали определенное влияние на изучаемые признаки, что сказалось на полученных коэффициентах корреляции. Вместе с тем можно отметить следующие закономерности.

Во влажную погоду во время налива (2005 г.) длинноколосые диплоидные сорта с вероятностью 25% содержали повышенное  $B_{\text{сух-в}}$ , а у длинноколосых тетраплоидных сортов в 81% случаев отмечалось максимальное  $B_{1000}$ .

Количество зерен в колосе в оба года в средней степени положительно коррелировало с  $B_{1000}$ . Это означает, что современные сорта ржи при большом количестве центров аттракции (накопления ассимилянтов) способны накапливать в зерне высокое количество белка.

Как в 2005, так и в 2006 г., наиболее тесная корреляция на уровне  $r = 0,73-0,93$  отмечалась между  $B_{1000}$  с их массой в фазе восковой спелости. В более ранние или поздние фазы налива данные связи значительно ослабевали до уровня  $r = 0,37-0,79$ . Тесные корреляции массы 1000 зерен с содержанием белка в сухом веществе ( $r = 0,59-0,69$ ) отмечались только в 2006 г.

С уборочной влажностью зерна  $B_{\text{сух-в}}$  коррелировало в средней и сильной степени ( $r = 0,50-0,89$ ). Отмечено, что в годы, благоприятные для налива зерна, наибольшей белковостью зерна характеризовались позднезрелые сорта.

Выявлено, что среди диплоидных сортов наиболее белковыми оказались те, которые характеризовались быстрой скоростью влагоотдачи в период молочной спелости ( $r = 0,93$  в 2005 г. и  $r = 0,43$  в 2006 г.). В этой фазе  $B_{1000}$  в оба года стабильно в средней степени ( $r = 0,45-0,58$ ) коррелировало со скоростью влагоотдачи в период восковой спелости. У тетраплоидных сортов скорость влагоотдачи в период восковой спелости коррелировала в средней и сильной степени с  $B_{1000}$  ( $r = 0,60-0,85$ ), тогда как с  $B_{\text{сух-в}}$  в 2006 г. отмечалась тесная связь.

Влажность зерна в период молочной спелости в какой-то мере характеризует скороспелость сортов, но в отличие от уборочной влажности этот показатель в благоприятный для налива год по обеим формам ржи тесно коррелировал с  $B_{1000}$  ( $r = 0,81-0,84$ ), тогда как с белковостью зерна оказался несвязанным. Таким образом, сорта, поздно вступающие в фазу налива (и соответственно, обладающие более продолжительным ювенильным развитием) содержат больше белка в расчете на 1000 зерен.

Таблица 2  
**Коэффициенты корреляции (r) содержания белка в фазе восковой спелости (B<sub>сух-в</sub>) с другими показателями, характеризующими условия налива**

Плоидность	Показатель	Длина колоса	Количество зерен	Масса 1000 зерен			Уборочная влажность	Масса зерна с 1 колоса, *	Содержание белка на 1000 зерен, мг	Содержание белка на 1 колос, мг	Скорость влагоотдачи		Влажность в ф. м. сл.		Скорость налива зерен	
				м. сл.	в. сл.	п. сл.					м. в. сл.	в. п. сл.	м. в. сл.	в. п. сл.		
<b>2005 год</b>																
В среднем	B <sub>сух-в</sub> , % абс. сух. вещества	-0,68	0,38	0,05	-0,33	-0,27	-0,04	0,08	0,66	0,59	0,73	-0,84	-0,31	-0,49	0,22	
	B <sub>1000</sub> , мг	-0,65	0,77	-0,50	-0,92	-0,79	0,15	-0,32	1,00	0,97	0,61	-0,86	-0,55	-0,73	0,55	
2п	B <sub>сух-в</sub> , % абс. сух. вещества	-0,54	-0,41	0,59	0,26	0,41	-0,33	0,24	0,47	0,26	0,93	-0,90	-0,01	-0,49	0,23	
	B <sub>1000</sub> , мг	-0,38	-0,01	-0,26	-0,73	-0,49	0,04	-0,60	1,00	0,91	0,19	-0,58	-0,84	-0,62	0,52	
4п	B <sub>сух-в</sub> , % абс. сух. вещества	0,05	0,01	-0,17	0,49	0,27	0,89	0,18	-0,11	-0,09	0,12	-0,36	-0,05	0,65	-0,27	
	B <sub>1000</sub> , мг	0,94	0,49	-0,76	-0,92	0,69	-0,15	0,64	1,00	0,96	0,97	-0,85	0,81	0,10	0,96	

Окончание таблицы 2

Плоидность	Показатель	Длина колоса			Количество зерен	Масса 1000 зерен			Уборочная влажность	Масса зерна с 1 колоса, г *	Содержание белка на 1000 зерен, мг	Содержание белка на 1 колос, мг	Скорость влагоотдачи		Влажность в ф. м. сл.	Скорость налива зерен	
		М. сл.	В. сл.	п. сл.		М. в. сл.	В. л. сл.	М. в. сл.					М. в. сл.	В. л. сл.			
<b>2006 год</b>																	
В среднем	Б <sub>сух-в</sub> , % абс. сух. вещества	-0,20	0,45	-0,41	-0,41	-0,41	-0,42	0,04	-0,18	0,71	0,73	0,35	-0,34	-0,16	-0,10	-0,22	
	Б <sub>1000</sub> , мг	-0,35	0,41	-0,61	-0,93	-0,65	-0,41	-0,41	-0,59	1,00	0,96	0,19	-0,17	-0,26	-0,49	-0,13	
2п	Б <sub>сух-в</sub> , % абс. сух. вещества	-0,06	0,37	-0,08	-0,56	-0,23	0,00	0,00	-0,46	0,78	0,77	0,43	0,08	0,40	-0,54	0,61	
	Б <sub>1000</sub> , мг	0,01	0,43	-0,37	-0,95	-0,69	-0,43	-0,43	-0,85	1,00	0,98	0,54	0,45	0,57	-0,78	0,61	
4п	Б <sub>сух-в</sub> , % абс. сух. вещества	0,46	0,60	-0,79	0,69	-0,26	0,50	0,50	0,76	-0,36	0,27	0,42	-0,70	-0,35	0,78	-0,53	
	Б <sub>1000</sub> , мг	0,26	0,27	0,37	-0,92	0,35	-0,34	-0,34	-0,20	1,00	0,71	-0,47	0,60	0,16	-0,83	0,71	

Ежегодно наибольшим  $B_{\text{сух-в}}$  и  $B_{1000}$  обладали диплоидные сорта с быстрым накоплением массы зерна в период молочной – восковой спелости ( $r = 0,49-0,78$ ). Для тетраплоидных сортов это справедливо только для  $B_{\text{сух-в}}$  ( $r = 0,65-0,78$ ).

Представленные корреляции в отдельные годы отражают лишь сортовые особенности по динамике накопления белка. Использование в корреляционном анализе двухлетних данных позволяет выявить биологические особенности тетраплоидной и диплоидной ржи в целом (табл. 3).

Таблиц 3

**Коэффициенты корреляции содержания белка в фазе восковой спелости ( $B_{\text{сух-в}}$ ) с другими признаками (r)**

Признак	4n сорта	2n сорта
Содержание белка в сухом веществе в фазе молочной спелости ( $B_{\text{сух-м}}$ )	0,94	0,89
Масса 1000 зерен в восковой спелости ( $M_{1000}$ )	-0,88	-0,71
Масса 1000 зерен в молочной спелости ( $M_{1000-м}$ )	-0,71	-0,48
Скорость налива зерна (U)	-0,28	-0,48

Таким образом, заметно, что  $B_{\text{сух-в}}$  в зерне тетраплоидных сортов в большей мере, чем у диплоидных сортов, зависит от  $B_{\text{сух-м}}$  и формирования низкой  $M_{1000}$ . В то же время у диплоидной ржи скорость налива зерна в средней степени коррелирует с  $B_{\text{сух-в}}$ , в то время как у тетраплоидных сортов лишь в малой степени. Таким образом, признак налива зерна имеет среднюю линейную зависимость с признаком белковости зерна.

Регрессионный анализ показал, что простые линейные уравнения других признаков (начального содержания белка в фазе молочной спелости и массы 1000 зерен в фазе восковой спелости) также не в полной мере отражают зависимости накопления белка в ходе налива зерна: коэффициенты детерминации R составляют не более 0,51-0,88 (формула 1-2, 7-8). Совместное использование в регрессионном анализе переменной  $M_{1000}$  в дополнение к  $B_{\text{сух-м}}$  не приводит к увеличению коэффициента детерминации (формула 3, 9).

Уравнения множественной регрессии содержания белка в сухом веществе в фазе восковой спелости ( $B_{\text{сух-в}}$ ) с другими признаками\*:

**Тетраплоидная рожь**

$$B_{\text{сух-в}} = 0,59B_{\text{сух-м}} + 5,0 \quad R^2 = 0,88 \quad (1)$$

$$B_{\text{сух-в}} = -0,122M_{1000} + 15,50 \quad R^2 = 0,79 \quad (2)$$

$$B_{\text{сух-в}} = 0,007M_{1000} + 0,62B_{\text{сух-м}} + 4,43 \quad R^2 = 0,88 \quad (3)$$

$$B_{\text{сух-в}} = -0,014M_{1000} + 0,41U + 15,55 \quad R^2 = 0,91 \quad (4)$$

$$B_{\text{сух-в}} = -0,012M_{1000} + 0,38U + 0,61B_{\text{сух-м}} + 4,81 \quad R^2 = 0,91 \quad (5)$$

$$B_{\text{сух-в}} = 0,64B_{\text{сух-м}} + 0,36U + 4,02 \quad R = 0,91 \quad (6)$$

## Диплоидная рожь

$$B_{\text{сух-в}} = 0,63B_{\text{сух-м}} + 4,74 \quad R^2 = 0,80 \quad (7)$$

$$B_{\text{сух-в}} = -0,107M_{1000} + 14,83 \quad R^2 = 0,51 \quad (8)$$

$$B_{\text{сух-в}} = 0,004M_{1000} + 0,65B_{\text{м}} + 4,47 \quad R^2 = 0,80 \quad (9)$$

$$B_{\text{сух-в}} = -0,094M_{1000} - 0,88U + 15,35 \quad R^2 = 0,83 \quad (10)$$

$$B_{\text{сух-в}} = 0,005M_{1000} - 0,50U + 0,61 B_{\text{сух-м}} + 5,44 \quad R^2 = 0,83 \quad (11)$$

$$B_{\text{сух-в}} = 0,58B_{\text{сух-м}} - 0,54U + 5,8 \quad R = 0,83 \quad (12)$$

Примечание \* – названия переменных представлены в табл. 3.

Вместе с тем, использование в расчетах показателей  $M_{1000}$  и  $U$  (т.е. совершенно без учета первоначального содержания белка) позволяет получить уравнения регрессии с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,91$  у тетраплоидных сортов, и  $R^2 = 0,83$  у диплоидных сортов (формула 4, 10). Дополнительное введение в расчеты переменной  $B_{\text{сух-м}}$  снова не приводит к увеличению  $R^2$  (формула 5, 11).

Следует отметить, что при использовании в расчетах множественной регрессии значение признака  $B_{\text{сух-м}}$  остается практически прежним (коэффициент при переменной колеблется в пределах 0,59-0,63), однако значительно снижается значение признака массы 1000 зерен. Следовательно, более значимыми условиями повышенного накопления  $B_{\text{сух-в}}$  является начальное содержание белка в фазе молочной спелости и скорость налива зерна (формула 6, 12).

Приведенные расчеты показывают, насколько существенным является признак скорости налива зерна. Использование его в расчетах даже без определения белковости позволяет судить о способности сорта накапливать повышенное содержание белка в зерне. В то же время оказывается, что вопреки широко распространенному мнению, масса 1000 зерен оказывает значительно меньшее влияние на белковость зерна. Таким образом, на содержание белка в зерне влияют не столько генетические способности сорта формировать мелкое зерно, сколько внутренние и внешние условия налива зерна, обеспечивающие поступление азота в зерно.

Диплоидная и тетраплоидная рожь являются фактически разными ботаническими видами, в связи с этим современные  $2n$  и  $4n$  сорта обладают различными механизмами повышенного содержания белка в зерне. Если быстрая скорость налива зерна у диплоидных сортов приводит к снижению уровня содержания белка (вероятно лимитирующим фактором является величина поступления азота в зерно в период налива), то у тетраплоидных сортов, напротив, способствует его накоплению, или вернее сказать повышенному его содержанию (здесь главным фактором является скорее величина содержания азота на единицу сухого вещества в зерновке – при неблагоприятных условиях налива масса 1000 зерен значительно снижается и повышается удельный вес азота).

Таким образом, если у диплоидных сортов накопление белка в зерне носит абсолютный характер и связано с процессами метаболизма азота в период налива зерна, то у тетраплоидных сортов повышенное содержание белка имеет относительный характер и в большей мере связано с процессами накопления сухого вещества в зерне.

Считаем, что выявленные зависимости следует использовать при разработке моделей сортов и проводить оценку исходного материала по показателю динамики накопления сухого вещества.



## ВЫВОДЫ

1. Среди высокопродуктивных районированных и перспективных сортов озимой ржи наблюдаются существенные различия по динамике налива зерна. В годы, благоприятные для налива зерна, в период молочная – восковая спелость зерна происходит увеличение содержания сырого белка на 1,02-2,31%, в годы, неблагоприятные для налива, лишь у некоторых сортов отмечается увеличение его содержания (Лота, Зарница, Нива). Наблюдаются значительные сортовые различия по содержанию белка в сухом веществе, а также в расчете на 1000 зерен и в расчете на 1 колос.

2. Выявлен ряд зависимостей в отдельные периоды налива зерна между показателями содержания белка (в сухом веществе, в расчете на 1000 зерен и 1 колос) с морфологическими характеристиками (длина колоса, количество зерен, масса 1000 зерен), а также со скоростью влагоотдачи и налива зерна. В группе тетраплоидных сортов наибольшим содержанием белка в сухом веществе зерна отличаются те, которые формируют мелкое зерно и обладают быстрой скоростью налива. Высокобелковые диплоидные сорта, напротив, при формировании малой массы 1000 зерен обладают медленной скоростью налива. Выявленные зависимости следует учитывать при разработке моделей сортов (агрохимически эффективных и высокобелковых) и можно использовать при проведении отборов по фенотипическим признакам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Урбан, Э.П. Озимая рожь в Беларуси: селекция, семеноводство, технология возделывания / Э.П. Урбан. – Минск: Беларуская навука, 2009. – 269 с.
2. Павлов, А.Н. Повышение содержания белка в зерне / А.Н. Павлов. – М.: Наука, 1984. – 114 с.
3. Кобылянский, В.Д. Рожь. Генетические основы селекции / В.Д.Кобылянский. – М., 1982. – 272 с.

## PROTEIN ACCUMULATION IN GRAIN OF WINTER RYE DEPENDING ON SWELLING DYNAMICS

O.S. Radovnya, V.A. Radovnya, L.P. Shimanskij

### Summary

7 variety of 4n and 8 variety of 2n winter rye in period of grain swelling are studied. Dependences of accumulation of protein in grain are presented to this period. Essential value of a sign of speed of dry matter accumulation in grain on protein content is revealed.

*Поступила 1 октября 2010 г.*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, М.М. Ломонос, А.В. Пилипчук, С.М. Шумак**  
*Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы в странах Западной Европы, а также в Беларуси, особое внимание уделяется сравнительно новой зерновой культуре – озимому тритикале, гибриду между озимыми пшеницей и рожью. Тритикале удачно сочетает ценные признаки и свойства как ржи (высокая экологическая пластичность), так и пшеницы (урожайность и качество зерна). Ранее проведенными исследованиями установлена различная отзывчивость сортов озимого тритикале на изменение доз минеральных удобрений и плодородие почвы [2, 3, 4, 5]. В связи с недостаточно разработанной системой удобрения озимого тритикале с учетом биологических особенностей сорта исследования в этой области являются актуальными.

Цель исследований – изучить и определить наиболее эффективные дозы и соотношения минеральных удобрений под озимое тритикале, исходя из критериев полученной урожайности, агрономической окупаемости применяемых доз удобрений и качества зерна.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования по изучению эффективности систем удобрения при возделывании озимого тритикале проводили на дерново-подзолистой супесчаной, подстилаемой с глубины 30-50 см песком, почве в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы:  $pH_{KCl}$  5,9-6,2, гидролитическая кислотность – 1,58-1,92, сумма обменных оснований – 9,10-9,52 смоль(+)/кг почвы, обменные: кальций 4,4-4,8 и магний 1,3-1,6 смоль (+)/кг почвы, содержание подвижных:  $P_2O_5$  – 170-290,  $K_2O$  – 130-230 мг/кг почвы; гумуса – 2,5-3,0%.

Изучали три варианта системы применения удобрений под озимое тритикале сорта Вольгарио: возрастающие уровни азота на фоне фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на положительные, поддерживающие и дефицитные балансы фосфора и калия.

Сорт Вольгарио включен в Госреестр в 2007 г. Заявитель – Польша. Сорт имеет хорошую зимостойкость, выровненный стеблестой, устойчив к полеганию, среднеустойчив к засухе. Листовыми болезнями и корневыми гнилями поражается слабо. Сорт кормового направления.

Минеральные удобрения (аммофос и хлористый калий) вносили перед посевом с заделкой культиватором на глубину 10-12 см, мочевины весной при возобновлении вегетации растений и согласно схеме опыта (табл.1).

Общая площадь делянки 45 м<sup>2</sup> (9м x 5м), учетная – 28 м<sup>2</sup> (8м x 3,5м), повторность вариантов – 4-х кратная.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами [1].

Исследования проводили в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь – клевер луговой – озимое тритикале. Органические удобрения 40 т/га навоза крупного рогатого скота (НКРС) вносили под горохо-овсяную смесь.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: обменную кислотность  $pH_{KCl}$  – потенциметрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-84), сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменные кальций и магний – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487-85), 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 фотоколориметрическим индофенольным и ванадо-молибдатным методами, калий на пламенном фотометре, кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Качественные характеристики зерна включают также массу 1000 семян, содержание белка, рассчитанное по белковому азоту (коэффициент пересчета 5,65- ГОСТ 10846-91), содержание критических (лизин, треонин, метионин) и незаменимых аминокислот (лизин, треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин), определение которых проводили на жидкостном хроматографе «Agilent 1100». Биологическую ценность белка определяли расчетными методами, которые позволяют эффективно их использовать как при проведении исследований, так и при практическом внедрении научных разработок. При оценке биологической ценности зерна и белка озимого тритикале сравнивали состав и содержание его аминокислот с содержанием аминокислот в эталонных белках (белок куриного яйца или «эталонный белок» ФАО/ВОЗ) [2].

На формирование урожая сельскохозяйственных культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывают водный и температурный режимы в течение вегетационного периода растений. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказываются на урожае сельскохозяйственных культур. Наиболее близкими к формированию оптимального водного и теплового режимов являются среднегодовалые показатели осадков и тепла.

Агрометеорологические условия в вегетационный период озимого тритикале в 2008 г., хотя несколько и отличались от среднегодовалых величин, но были благоприятными для формирования урожая зерна. За апрель-август выпало 310,1 мм осадков, что только на 19 мм меньше среднегодовалой величины (329 мм). Обильные осадки и повышенная температура воздуха в марте и апреле ускорили начало фазы возобновления вегетации растений. В июле количество осадков было на уровне нормы, а среднемесячная температура воздуха выше на 0,6 °С, что было довольно благоприятно для налива и созревания зерна.

Гидротермический коэффициент (условный показатель увлажнения) в течение вегетационного периода изменялся в пределах от 0,8 (июнь) до 1,7 (апрель), что позволяет сделать заключение о некотором недостатке влаги в мае, июне

и августе, т.к. месяцы с ГТК от 1,0 до 1,3 относятся к слабозасушливым, от 1,0 до 0,8 (июнь) к засушливым, а от 1,3 до 1,6 (июль) к оптимальным (рис. 1).

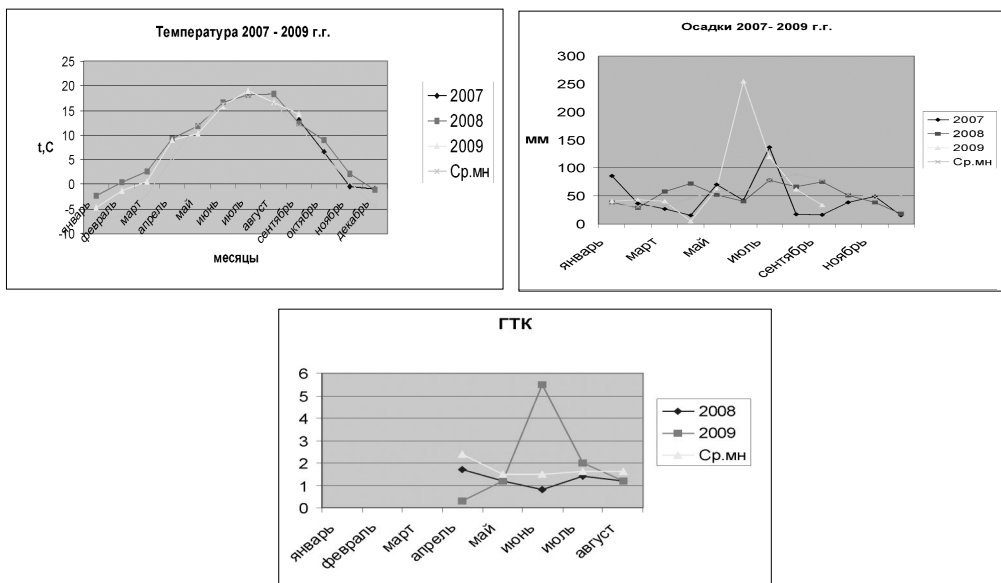


Рис. 1. Метеоусловия в годы проведения исследований (2007-2009 гг.)

Агрометеорологические условия в вегетационный период озимого тритикале в 2009 г. были менее благоприятными, чем в 2008 г., т.к. в районе проведения исследований за апрель-август выпало 495,4 мм осадков. Однако в апреле только 4,6 мм (средняя многолетняя величина 46 мм), а в июне 255 мм (12 июня 48,1мм, а 23 июня 91,5 мм при средней многолетней – 78 мм). Несколько раз шквальные дожди сопровождались градом. Гидротермический коэффициент (условный показатель увлажнения по Селянину) в течение вегетационного периода изменялся в пределах от 0,3 (апрель) до 5,6 (июнь), что позволяет сделать заключение 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 (рис. 1.).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В среднем за годы исследований максимальная и оптимальная (математически достоверная и агрономически обоснованная – прибавка урожайности самая высокая в опыте) урожайность зерна 76,5 ц/га получена при внесении 150 кг д.в. на гектар азотных удобрений в три срока (90 кг/га весной при возобновлении вегетации растений + 30 кг/га в фазу 2 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных в расчете на поддерживающие балансы –  $P_{40}K_{80}$ . Прибавка зерна от NPK составила 33,6 ц/га, в том числе от азотных удобрений 27 ц/га, при оплате 1 кг NPK 14,0 кг, а 1 кг азота – 22,5 кг зерна. Последствие органических удобрений не оказало достоверного влияния на урожайность зерна озимого тритикале. Внесение возрастающих доз азотных удобрений на фоне  $P_{20-70}K_{40-120}$  обеспечило прибавку урожайности тритикале 16,2-27,0 ц/га при окупаемости 1 кг N – 20,0-30,6 кг зерна. Прибавка от

## Плодородие почв и применение удобрений

применения фосфорных и калийных удобрений в дозах  $P_{20,40}K_{40,80}$  составила 5,9-7,8 ц/га при окупаемости 4,1-9,8 ц/га. Эффективность парных комбинаций NP и NK практически на одном уровне 67,9 и 67,7 ц/га с прибавкой к фону 25,0 и 24,8 ц/га и окупаемости 11,8 и 15,6 кг зерна соответственно. Прибавка зерна за счет только фосфорных или калийных удобрений составила 1,4 и 1,2 ц/га соответственно, что ниже НСР (табл. 1).

Таблица 1

### Влияние систем удобрения на урожайность зерна озимого тритикале сорта Вольтарио, 2008-2009 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га		Оплата зерном 1 кг д.в., кг	
	2008 г.	2009 г.	Ø	соломы	фону	PK	NPK	N
1. Контроль без удобрений	41,7	43,4	42,6	25,3	-	-	-	-
2. Послед. 40 т/га НКРС – фон	40,5	45,3	42,9	26,3	0,3	-	-	-
3. $N_{90+30}P_{70}$	72,1	63,6	67,9	46,4	25,0	-	15,6	-
4. $N_{90+30}K_{120}$	66,9	68,4	67,7	49,7	24,8	-	11,8	-
5. $P_{70}K_{120}$	45,1	56,3	50,7	37,9	7,8	-	4,1	-
6. $N_{90}P_{70}K_{120}$	69,0	65,6	67,3	61,5	24,4	16,6	9,8	27,7
7. $N_{90+30}P_{70}K_{120}$	69,9	68,2	69,1	62,1	26,2	18,4	9,3	20,4
8. $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$	84,2	68,0	76,1	65,9	33,2	25,4	10,7	21,2
9. $P_{40}K_{80}$	43,5	55,5	49,5	34,0	6,6	-	5,5	-
10. $N_{90}P_{40}K_{80}$	68,9	66,8	67,9	59,9	25,0	18,4	13,9	30,6
11. $N_{90+30}P_{40}K_{80}$	74,2	67,3	70,8	52,4	27,9	21,3	13,3	23,6
12. $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$	83,0	70,0	76,5	58,4	33,6	27,0	14,0	22,5
13. $P_{20}K_{40}$	43,4	54,2	48,8	33,7	5,9	-	9,8	-
14. $N_{90}P_{20}K_{40}$	66,0	64,0	65,0	40,1	22,1	16,2	18,4	27,0
15. $N_{90+30}P_{20}K_{40}$	66,4	67,2	66,8	46,1	23,9	18,0	15,9	20,0
НСР <sub>05</sub>	3,13	2,3	1,92	2,0				

Масса 1000 семян, как один из физических показателей качества зерна изменялась в зависимости от погодных условий и системы удобрения. Если в благоприятном по метеоусловиям 2008 году, внесение азотных удобрений в дозах 90-150 кг/га на фоне  $P_{20-70}K_{40-120}$  увеличивало массу 1000 семян на 1,73-6,85 г, и она изменялась в пределах от 43,81 г до 49,69 г, то в 2009 г. из-за обильных дождей произошло «стекание» зерна, в результате масса 1000 семян изменялась от 33,28 г при применении  $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$  до 41,20 г в фоновом варианте. Азотные удобрения снизили массу 1000 семян в 2009 г. на 0,48-5,81 г. Разница в массе 1000 семян по годам исследований в варианте без удобрений составила 6,94 г, а при применении азотных удобрений на фоне фосфорных и калийных – 15,84 г. В 2009 году масса 1000 семян меньше, чем в 2008 г. на 3,56-14,84 г в зависимости от системы удобрения.

В среднем за два года масса 1000 семян изменялась от 39,63 г при внесении  $N_{120}P_{70}$  до 42,83 г при отсутствии удобрений. Внесение азотных удоб-

рений в дозах N<sub>120-150</sub> на фоне P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> снижало массу 1000 семян на 0,94-1.28 г (табл. 2).

Увеличение общего количества белка в зерне решает одну из проблем качества зерна, идущего на корм. Известно, что азотные удобрения – основное средство повышения белковости зерна.

Содержание сырого белка в зерне изменялось по годам исследований. Так, в 2009 г. при применении минеральных удобрений оно было выше, чем в 2008 г, на 0,4-3,3%. В среднем за два года содержание сырого белка в зерне озимого тритикале изменялось от 9,0% при отсутствии удобрений до 12,1-12,2% при применении максимальной дозы азотных удобрений 150 кг/га, которую вносили в три срока (90 кг/га весной при возобновлении вегетации + 30кг/га в фазу 2 узел стеблевания + 30 кг/га в фазу последний лист) на фоне фосфорных и калийных удобрений (N<sub>90+30+30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> и N<sub>90+30+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>) соответственно. Азотные удобрения в дозах 90-150 кг/га на фоне P<sub>20-70</sub>K<sub>40-120</sub> повышали содержание белка на 0,7-3,4%. Дозы фосфорных и калийных удобрений не оказывали влияния на содержание сырого белка (табл. 2).

Сбор сырого белка определялся содержанием белка и урожайностью зерна. В 2009 г. максимальный сбор сырого белка 505 кг/га обнаружен при применении N<sub>90+30+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>. При применении фосфорных и калийных удобрений в дозах P<sub>20-70</sub>K<sub>40-120</sub> наблюдается тенденция к увеличению сбора сырого белка. За счет азотных удобрений, внесенных на фоне P<sub>20-70</sub>K<sub>40-120</sub>, дополнительно получено 160-417 кг/га сырого белка (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние систем удобрения на качество зерна озимого тритикале сорта Вольгарио при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве**

№ п/п	Масса 1000 семян, г			Сырой белок, %			Сбор сырого белка, кг/га		
	2008 г.	2009 г.	Ø	2008 г.	2009 г.	Ø	2008 г.	2009 г.	Ø
1	46,30	39,36	42,83	9,6	8,4	9,0	343	315	329
2	44,76	41,20	41,98	8,6	9,1	8,8	298	353	326
3	44,34	34,91	39,63	9,3	11,3	10,3	577	619	598
4	47,80	36,52	42,16	9,5	11,7	10,6	547	686	617
5	44,48	39,46	41,97	8,4	9,1	8,8	327	440	384
6	47,41	36,91	42,16	8,7	10,9	9,8	516	615	566
7	48,11	33,65	40,88	9,5	11,7	10,6	571	687	629
8	49,12	33,28	41,20	10,5	13,8	12,2	760	808	784
9	42,84	38,65	40,75	8,5	8,9	8,7	318	423	371
10	46,59	38,17	42,38	8,6	10,2	9,4	507	583	545
11	48,54	36,21	42,37	10,2	11,5	10,9	650	666	658
12	49,69	35,49	42,59	11,1	13,0	12,1	790	785	788
13	43,81	40,39	42,10	8,3	9,2	8,8	308	428	368
14	45,54	36,99	41,26	9,1	10,1	9,6	514	555	535
15	46,57	36,02	41,29	10,3	11,5	10,9	585	667	626
HCP <sub>05</sub>	1,14	1,3	0,9	0,8	0,4	0,6			

Основные элементы питания (азот, фосфор, калий, кальций), влияющие на биохимические и физиологические процессы, протекающие в клетках растений в период вегетации, и, следовательно, на урожай и его качество изменялись в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений.

В среднем за два года с нарастанием дозы азотных удобрений содержание в зерне и соломе азота, фосфора и калия увеличивалось. Максимальное содержание фосфора, калия и магния в зерне наблюдалось при применении  $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$ , а при внесении  $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$  – максимальное содержание в зерне и соломе азота (табл. 3).

Таблица 3

**Содержание элементов питания в зерне и соломе озимого тритикале, % в сухом веществе (в среднем за два года)**

Вариант	Зерно					Солома				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
1. Без удобрений	1,44	0,84	0,51	0,04	0,14	0,84	0,53	1,01	0,10	0,13
2. Последействие 40 т/га НКРС – фон	1,41	0,82	0,51	0,04	0,14	0,88	0,52	0,95	0,10	0,13
3. $N_{90+30}P_{70}$	1,65	0,86	0,55	0,05	0,15	1,08	0,56	1,09	0,12	0,13
4. $N_{90+30}K_{120}$	1,70	0,87	0,57	0,05	0,15	1,11	0,55	1,42	0,13	0,13
5. $P_{70}K_{120}$	1,40	0,83	0,52	0,04	0,14	0,86	0,50	1,17	0,11	0,14
6. $N_{90}P_{70}K_{120}$	1,57	0,84	0,53	0,04	0,14	1,05	0,54	1,35	0,12	0,14
7. $N_{90+30}P_{70}K_{120}$	1,70	0,89	0,59	0,05	0,16	1,13	0,56	1,54	0,12	0,14
8. $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$	1,95	0,88	0,62	0,05	0,16	1,28	0,58	1,71	0,12	0,14
9. $P_{40}K_{80}$	1,39	0,83	0,50	0,04	0,14	0,85	0,52	1,11	0,11	0,13
10. $N_{90}P_{40}K_{80}$	1,50	0,86	0,52	0,04	0,15	0,96	0,53	1,15	0,12	0,13
11. $N_{90+30}P_{40}K_{80}$	1,74	0,90	0,58	0,05	0,15	1,11	0,58	1,43	0,12	0,13
12. $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$	1,93	0,93	0,67	0,05	0,17	1,24	0,60	1,54	0,12	0,14
13. $P_{20}K_{40}$	1,40	0,84	0,51	0,04	0,14	0,90	0,53	1,15	0,10	0,13
14. $N_{90}P_{20}K_{40}$	1,53	0,86	0,52	0,04	0,14	0,97	0,54	1,17	0,11	0,13
15. $N_{90+30}P_{20}K_{40}$	1,75	0,86	0,56	0,05	0,15	1,10	0,56	1,23	0,12	0,12
НСП <sub>05</sub>	0,1	0,05	0,04	0,01	0,01	0,84	0,53	1,01	0,10	0,13

Хозяйственный вынос элементов питания определялся дозами минеральных удобрений, урожайностью и содержанием элементов в основной и побочной продукции. Максимальный хозяйственный вынос элементов питания характерен для систем применения удобрений с дозой азота 150 кг/га ( $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$  и  $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$ ) (табл. 4).

Повышение биологической ценности белка, обусловленной аминокислотным составом, решает одну из основных проблем качества зерна. Недостаток и низкая биологическая ценность белка в кормах приводят к их перерасходу и как следствие этого – к повышению себестоимости животноводческой продукции.

На повышение качества зерна положительное воздействие оказывают агротехнические приемы: соблюдение севооборотов, подбор предшественника, оптимальные нормы высева, применение регуляторов роста и химических средств защиты. Однако среди перечисленных факторов наиболее существен-

ное действие на повышение белковости зерна и биологической ценности белка оказывают состояние почвенного плодородия и минеральные удобрения.

Таблица 4

**Хозяйственный и удельный вынос элементов питания озимым тритикале**

Вариант	Хозяйственный вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
1. Без удобрений	70,5	42,0	39,9	3,4	7,9	16,5	9,9	9,4	0,8	1,9
2. Последействие 40 т/га НКРС – фон	71,5	41,6	39,6	3,4	8,1	16,7	9,7	9,2	0,8	1,9
3. N <sub>90+30</sub> P <sub>70</sub>	138,4	72,0	74,6	7,1	13,5	20,4	10,6	11,0	1,1	2,0
4. N <sub>90+30</sub> K <sub>120</sub>	144,8	73,3	92,5	8,0	14,1	21,4	10,8	13,7	1,2	2,1
5. P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	88,4	51,9	59,5	5,1	10,6	17,4	10,2	11,7	1,0	2,1
6. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	144,9	76,3	100,1	8,4	15,1	21,5	11,3	14,9	1,2	2,2
7. N <sub>90+30</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	159,7	81,8	115,4	9,1	16,3	23,1	11,8	16,7	1,3	2,4
8. N <sub>90+30+30</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	197,9	89,1	135,0	10,0	17,9	26,0	11,7	17,7	1,3	2,4
9. P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	83,4	50,0	52,8	4,5	9,5	16,9	10,1	10,7	0,9	1,9
10. N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	135,9	76,9	87,9	8,0	15,2	20,0	11,3	13,0	1,2	2,2
11. N <sub>90+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	154,3	79,8	97,7	7,8	14,8	21,8	11,3	13,8	1,1	2,1
12. N <sub>90+30+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	187,8	90,3	119,3	9,0	17,5	24,5	11,8	15,6	1,2	2,3
13. P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	83,9	50,3	53,7	4,4	9,5	17,2	10,3	11,0	0,9	2,0
14. N <sub>9</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	118,0	65,8	68,5	6,0	12,2	18,2	10,1	10,5	0,9	1,9
15. N <sub>90+30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	142,8	71,1	79,6	7,1	13,2	21,4	10,6	11,9	1,1	2,0

В зерне озимого тритикале за два года определены содержание незаменимых аминокислот и биологическая ценность белка. При благоприятных погодных условиях в 2008 г. содержание незаменимых аминокислот, в основном лизина, значительно выше, чем в 2009 г. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению в зерне незаменимых и критических аминокислот. Сумма критических аминокислот изменялась от 5,95 г (фоновый вариант с последствием 40 т/га навоза КРС) до 7,39-7,51 г при внесении N<sub>90,120</sub> на фоне P<sub>20</sub>K<sub>40</sub>.

Содержание семи незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале с нарастанием доз фосфорных и калийных удобрений увеличилось. При нарастании доз азотных удобрений на фоне P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> содержание семи незаменимых аминокислот выросло на 1,67-1,84 г, а на фоне P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> на 0,72-1,19 г (табл.5).

Что касается содержания незаменимых аминокислот в пересчете на белок, то максимальное их накопление 295,6 мг/г белка обнаружено при внесении P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>, а критических 87,4 мг/г белка при применении P<sub>40</sub>K<sub>80</sub>. При применении P<sub>40,70</sub>K<sub>80,120</sub> самое высокое содержание лизина 40,7-41,0 мг/г белка, лейцина – 66,7-67,7, метионина – 14,5-14,8 мг/г и валина – 56,7 мг/г белка. При применении азотных удобрений содержание незаменимых аминокислот в пересчете на белок снижалось (табл.6).



Таблица 5

**Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на содержание незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале сорта Вольтаро на дерново-подзолистой супесчаной почве**

№ п/п	Белок, %	Аминокислоты, г/кг зерна								
		треонин*	валин	метионин*	фенилаланин	изолейцин	лейцин	лизин*	Сумма критических	Сумма незаменимых
2	8,0	1,97	3,88	1,05	3,00	2,13	4,70	2,93	5,95	19,65
3	9,3	2,33	4,28	1,02	3,34	2,91	5,23	3,41	6,76	22,50
4	9,6	2,49	4,10	1,06	3,64	3,15	5,27	3,29	6,83	22,97
5	7,9	2,51	4,49	1,15	3,61	3,12	5,28	3,24	6,89	23,38
6	8,9	2,49	4,43	1,06	3,56	3,14	5,32	3,22	6,77	23,20
7	9,6	2,60	4,57	1,11	3,90	3,15	5,42	3,18	6,89	23,92
8	11,0	2,50	4,43	1,16	4,78	3,59	5,67	3,01	6,66	25,11
9	7,9	2,51	4,16	1,16	3,43	2,94	5,32	3,20	6,87	22,71
10	8,5	1,95	3,88	1,13	3,52	3,26	4,87	2,97	6,04	21,55
11	9,8	2,44	4,20	1,08	4,03	3,53	5,27	2,69	6,20	23,22
12	10,9	2,39	4,51	1,23	4,87	3,62	5,48	2,97	6,59	25,06
13	7,9	2,55	4,17	1,08	3,28	2,79	5,16	3,15	6,78	22,17
14	8,6	3,15	4,30	1,10	3,47	3,09	5,23	3,14	7,39	23,47
15	9,9	3,25	4,26	1,09	3,51	3,12	5,32	3,17	7,51	23,71

\*АКкр – критические аминокислоты (лизин, треонин, метионин);

\*АКн – незаменимые аминокислоты (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин).

Таблица 6

**Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на содержание аминокислот в белке озимого тритикале сорта Вольтаро, 2008-2009 гг.**

№ п/п	Аминокислоты, мг/г белка							Сумма аминокислот	
	треонин	валин	метионин	фенилаланин	изолейцин	лейцин	лизин	критических	незаменимых
2	24,7	48,7	13,2	37,7	26,7	59,0	36,7	74,6	246,7
3	25,0	45,9	10,9	35,8	31,2	56,1	36,5	72,5	241,4
4	25,9	42,8	11,1	38,0	32,8	55,0	34,3	71,3	239,9
5	31,7	56,7	14,5	45,6	39,4	66,7	41,0	87,1	295,6
6	28,0	49,9	11,9	40,1	35,3	59,9	36,3	76,3	261,5
7	27,1	47,6	11,5	40,6	32,8	56,4	33,1	71,7	249,0
8	22,7	40,3	10,5	43,5	32,6	51,6	27,3	60,6	228,5

№ п/п	Аминокислоты, мг/г белка							Сумма аминокислот	
	треонин	валин	метионин	фенил-аланин	изолейцин	лейцин	лизин	критических	незаменимых
9	32,0	53,0	14,8	43,7	37,4	67,7	40,7	87,4	289,2
10	23,0	45,7	13,3	41,5	38,4	57,4	35,0	71,3	254,3
11	24,8	42,8	11,0	41,1	36,0	53,8	27,4	63,2	236,9
12	21,9	41,4	11,3	44,7	33,2	50,2	27,2	60,4	229,8
13	32,4	52,8	13,7	41,6	35,4	65,5	39,9	86,0	281,2
14	36,4	49,7	12,7	40,1	35,7	60,5	36,3	85,4	271,5
15	33,0	43,2	11,1	35,6	31,6	53,9	32,2	76,2	240,5

Биологическую ценность белка озимого тритикале оценивали по «химическому числу», где каждая незаменимая аминокислота белка выражается в процентном отношении к содержанию этой аминокислоты в белке цельного куриного яйца и с «аминокислотным скором», который аналогичен методу «химического числа», однако в нем в качестве идеальной аминокислотной шкалы вместо аминокислот цельного куриного яйца используется аминокислотная шкала Всемирной организации здравоохранения и комитета по продовольствию ООН (шкала ФАО/ВОЗ).

Расчетные методы биологической ценности белка озимого тритикале свидетельствуют об удовлетворительном содержании незаменимых аминокислот («аминокислотный скор») – 70,7-90,0% в сравнении с рекомендуемыми нормами комитета по продовольствию ООН и Всемирной организации здравоохранения (ФАО/ВОЗ). Содержание лизина во всех вариантах ниже рекомендуемых ФАО/ВОЗ норм (табл. 7).

Таблица 7

**Биологическая ценность белка озимого тритикале сорта Вольгаро**

Вариант	Содержание лизина, мг в г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
2. Послед. 40 т/га навоза – фон (4-й год)	36,7	71	55	45,7	59,3	55,5	74,7
3. N <sub>90</sub> +30P <sub>70</sub>	36,5	71	55	43,9	58,3	52,5	72,8
4. N <sub>90</sub> +30K <sub>120</sub>	34,3	71	55	43,6	58,3	51,9	72,9
5. P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	41,0	71	55	53,6	72,0	64,1	90,0
6. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	36,3	71	55	46,7	63,5	55,6	79,3

Вариант	Содержание лизина, мг в г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цель- ное яйцо	шкала ФАО/ ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
7. N <sub>90+30</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	33,1	71	55	44,2	60,7	52,4	75,9
8. N <sub>90+30+30</sub> P <sub>70</sub> K <sub>120</sub>	27,3	71	55	37,6	56,1	44,9	70,7
9. P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	40,7	71	55	53,9	70,3	64,5	87,8
10. N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	35,0	71	55	43,7	62,2	53,6	78,4
11. N <sub>90+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	27,4	71	55	39,5	58,2	46,9	72,9
12. N <sub>90+30+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>80</sub>	27,2	71	55	37,6	56,6	45,4	71,6
13. P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	39,9	71	55	52,9	68,2	62,8	85,0
14. N <sub>90</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	36,3	71	55	53,2	66,5	61,7	82,1
15. N <sub>90+30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>40</sub>	32,2	71	55	47,4	58,9	54,8	72,7

Таким образом, при возделывании озимого тритикале сорта Вольтарио на дерново-подзолистой супесчаной почве применение минеральных удобрений оказало значительное влияние на урожайность и качество зерна.

## ВЫВОДЫ

1. оптимальная урожайность озимого тритикале сорта Вольтарио 76,5 ц/га формировалась при внесении N<sub>90+30+30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> (ПК на поддерживающий баланс, N<sub>90</sub> – весной при возобновлении вегетации растений +N<sub>30</sub> в фазу начала стеблевания + N<sub>30</sub> в фазу последний лист). При применении указанной системы удобрения прибавка зерна от NPK составила 33,6 ц/га, в том числе от азотных удобрений 27,0 ц/га, при окупаемости 1 кг NPK 14,0 кг зерна и 1 кг азота – 22,6 ц/га.

2. При применении N<sub>90+30+30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> обеспечивается масса 1000 семян 42,59 г, содержание сырого белка 12,1%, при сборе сырого белка 788 кг.

3. 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<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,60, K<sub>2</sub>O – 1,54, CaO – 0,12 и MgO – 0,14%.

4. Максимальный хозяйственный вынос элементов питания характерен для систем применения удобрений с дозой азота 150 кг/га д.в. (N<sub>90+30+30</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> и N<sub>90+30+30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub>). При применении N<sub>90+30+30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> следующий удельный вынос элементов питания: N – 24,5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 11,8, K<sub>2</sub>O – 15,6, CaO – 1,2 и MgO – 2,3%.

5. При нарастании доз азотных, фосфорных и калийных удобрений содержание семи незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале увеличилось. Максимальное содержание 7 незаменимых, в том числе трех критических аминокислот

кислот в зерне характерно для систем удобрения  $N_{90+30+30}P_{70}K_{120}$  и  $N_{90+30+30}P_{40}K_{80}$ . Незаменимые и критические аминокислоты в белке озимого тритикале накапливались с ростом доз фосфорных и калийных удобрений и максимальное их количество характерно для системы удобрения  $P_{70}K_{120}$ . Биологическая ценность белка озимого тритикале, оцененная по «химическому числу» АКк – 53,6 и Акн – 72,0%, а также в соответствии со шкалой ФАО/ВОЗ АКк – 64,1 и Акн – 90,0% максимальная при внесении  $P_{70}K_{120}$ .

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрасл. регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков и [др.]. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 460 с.  
Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / Богдевич. И.М. [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2005. – 14 с.
3. Кочурко, В.И. Особенности формирования урожая зерна озимого тритикале в зависимости от приемов возделывания / В.И. Кочурко. – Горки: БГСХА, 2002. – 112 с.
4. Савчик, М.В. Озимое тритикале / М.В. Савчик, И.Е. Мартыненко. – Минск, 2001. – 42 с.
5. Лапа, В.В. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко // Агрохимия. – 2008. – № 5 – с. 1-7.

### **EFFECTIVENESS OF FERTILIZER SYSTEMS FOR WINTER TRITICALE GROWING ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL**

**V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, M.M. Lomonos, A.V. Pilipchuk, S.M. Shumak**

#### **Summary**

The results of investigation for the influence of mineral fertilization on the yield and quality of winter triticale grown in grain-grass-raw crop rotation after red clover on Luvisol loamy sand soil were presented. It was found that split application of  $N_{150}$  ( $N_{90}$  at the beginning of vegetation +  $N_{30}$  at the phase 29 according Tsadex +  $N_{30}$  at the last leave phase) at background of  $P_{40} K_{80}$  and aftereffect of 40 t/ha FYM provided triticale yield 76,5 c/ha, protein content in grain 12,1% and protein yield 788 kg/ha.

*Поступила 13 октября 2010 г.*

УДК 633.112.9:631.86:631.82

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ И РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВАХ

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

Озимое тритикале – сравнительно новая зерновая культура в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь [1]. Посевы озимого тритикале с 1995 г. по 2009 г. возросли с 32,9 до 479,9 тыс. га и в структуре зерновых и зернобобовых занимают 20%. Увеличение посевов тритикале обусловлено его высокой потенциальной продуктивностью, повышенной устойчивостью к болезням, хорошей зимостойкостью, меньшей требовательностью к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям по сравнению с пшеницей [2].

При возделывании озимого тритикале наряду с задачей получения высокой урожайности, важное значение имеет и качество зерна, которое в основном используется на корм для животных и сырья для промышленности. Для организации полноценного кормления важно знать протеиновую питательность корма, которую оценивают по содержанию протеина и сбалансированности незаменимых аминокислот. Содержание и степень использования поступающих в организм аминокислот характеризует их биологическую ценность, которая является важной качественной характеристикой белка [3].

Цель исследований – изучить влияние органических и минеральных удобрений на качественный состав зерна тритикале озимого при возделывании на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования с озимым тритикале проводили в 2008-2009 гг. на опытных участках в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, почве (опыт № 1), и в РУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной на морене почве (опыт № 2). Опыты развернуты в двух полях. Исследования проводили в плодосменном севообороте: кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале – люпин узколистый – ячмень. Повторность вариантов в полевых опытах четырехкратная. Органические удобрения в виде соломистого навоза крупного рогатого скота (КРС) в севообороте вносили под кукурузу

В опыте № 1 общая площадь делянки 56 м<sup>2</sup> (7×8), учетная – 45 м<sup>2</sup> (6×7,5). Пахотный горизонт исследуемой почвы перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: рН<sub>KCl</sub> 5,4-5,7, содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

(0,2 М НСl) – 275-315 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М НСl) – 180-200 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 1,60-1,65 %.

В опыте № 2 общая площадь делянки 72 м<sup>2</sup> (4×18), учетная – 48 м<sup>2</sup> (3×16). Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями: рН<sub>КСl</sub> 5,6-5,9, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М НСl) – 140-160 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М НСl) – 160-180 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 2,35-2,45%.

Фосфорные (аммонизированный суперфосфат) и калийные (хлористый калий) удобрения вносили в основное внесение, азотные (карбамид) – в подкормки (N<sub>70</sub> – в начале активной вегетации растений и N<sub>30</sub> – в фазу выхода в трубку) согласно схеме опыта (табл. 1). Обработка почвы включала: дискование, зяблевую вспашку, предпосевную культивацию. Посев озимого тритикале сорта Вольтарио проводили во второй декаде сентября сплошным рядовым способом сеялкой СПУ-4 с нормой высева 4,5 млн. всхожих семян на гектар. Глубина заделки семян – 3-4 см. Уход за посевами включал химическую прополку гербицидом Кугар (1 л/га) на 2-й день после сева и обработку баковой смесью Фоликура БТ (1,0 л/га) и хлормекватхлорида 460 БАСФ (2,0 л/га) против болезней и полегания – в фазу выхода в трубку. Уборку проводили комбайном Сампо-500 в фазу полной спелости зерна. Учет урожая – сплошной поделяночный.

Химический состав образцов зерна озимого тритикале определяли на инфракрасном спектрофотометре «Инфрапид», белковый азот – по методу Барнштейна (ГОСТ 10846-91), аминокислотный состав зерна – на жидкостном хроматографе «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 5,77. Для оценки биологического качества зерна использовали расчетные показатели «химического числа» и «аминокислотного сора» [4].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

При возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистых почвах за счет плодородия легкосуглинистой почвы получено 48,3 ц/га, рыхлосупесчаной – 38,9 ц/га зерна. Максимальная урожайность зерна сформировалась в вариантах с внесением N<sub>70+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> на фоне 2-го года последствий 20-60 т/га навоза. На легкосуглинистой почве урожайность зерна в этих вариантах составила 77,0-79,9 ц/га при окупаемости 1 кг минеральных удобрений в среднем 9,0 кг зерна, 1 т навоза – 8,8 кг. Применение минеральных удобрений на фоне последствий 20-60 т/га навоза на рыхлосупесчаной почве обеспечило формирование урожайности зерна озимого тритикале на уровне 68,5-72,9 ц/га. Каждый килограмм NPK при этом окупался 9,1 кг зерна тритикале, 1 т навоза – 24,4 кг. Чистый доход в вариантах с максимальной урожайностью на легкосуглинистой почве составил 111-146 тыс. руб. при рентабельности 17-26%, на рыхлосупесчаной почве – 155-165 тыс. руб. при рентабельности – 23-29%. Удельный вынос элементов питания с урожаем озимого тритикале составил в среднем 17,8 кг азота, 9,7 кг фосфора, 15,3 кг калия, 1,3 кг кальция и 1,9 кг магния [5].

Содержание основных элементов питания в урожае возделываемых культур является важным критерием, характеризующим эффективность применяемых удобрений и оказывающим влияние как на качественные показатели растительных кормов, так, в конечном итоге, и на продуктивность сельскохозяйственных

животных. Результаты исследований показали, что содержание фосфора, калия, кальция и магния в зерне озимого тритикале существенно не изменялось в зависимости от применяемых удобрений, наиболее варибельным показателем было содержание азота, которое зависело от применения азотных удобрений (табл. 1).

*Таблица 1*

**Содержание элементов питания в зерне озимого тритикале  
(среднее за 2008- 2009 гг.), % на сухое вещество**

Вариант	Дерново-подзолистая почва									
	рыхлосупесчаная					легкосуглинистая				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Без удобрений	1,58	0,91	0,67	0,04	0,15	1,59	0,92	0,69	0,04	0,16
N <sub>70+30</sub>	1,73	0,92	0,70	0,05	0,16	1,69	0,94	0,71	0,04	0,16
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	1,74	0,93	0,69	0,04	0,16	1,70	0,94	0,71	0,05	0,16
Последствие 60 т/га навоза, 2-й год – фон	1,59	0,93	0,68	0,04	0,16	1,60	0,95	0,72	0,04	0,17
Фон + N <sub>70+30</sub>	1,77	0,94	0,71	0,05	0,16	1,81	0,97	0,76	0,05	0,17
Фон + N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	1,80	0,94	0,71	0,05	0,16	1,82	0,97	0,75	0,05	0,17
НСР <sub>05</sub>	0,188	0,034	0,042	0,012	0,012	0,190	0,053	0,071	0,011	0,011

Для оценки качества кормов применяли различные показатели, среди которых, прежде всего, использовали кормовые и кормопротеиновые единицы, содержание и сбор сырого и переваримого протеина, обеспеченность переваримым протеином кормовой единицы. Кормовая единица выражает общую питательность корма в сравнении с 1 кг зерна овса среднего качества (1 кг овса = 1 к.ед.). Показатель кормопротеиновой единицы учитывает одновременно содержание в зерне кормовых единиц и переваримого протеина, т.к. корма, близкие по содержанию кормовых единиц, могут значительно различаться по содержанию сырого и переваримого протеина [6].

В опыте установлено, что на неудобренной дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при возделывании озимого тритикале на зерно сбор кормовых единиц составил 46,2 ц/га (табл. 2). Внесение 100 кг д.в. азотных удобрений способствовало дополнительному сбору 18,1 ц/га к.ед. В варианте с полным минеральным удобрением сбор кормовых единиц составил 73,8 ц/га.

Возделывание озимого тритикале на фоне последствие навоза обеспечило более высокий сбор кормовых единиц по сравнению с безнавозным фоном: прибавка составила 10,4 ц/га. Применение минеральных удобрений на фоне последствие навоза увеличило сбор кормовых единиц в среднем на 12,7 ц/га или 18%.

Содержание белка в зерне является важным показателем его пищевой и кормовой ценности. Исследования показали, что без применения удобрений на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве было получено зерно тритикале с содержанием сырого протеина 9,9%. За счет применения органических и минеральных удобрений этот показатель вырос до 11,2%, при этом сбор сырого

протеина с 1 га увеличился более чем в два раза (на 372 кг/га). Азотные удобрения обеспечили получение в среднем 189 кг/га сырого протеина, полное минеральное удобрение – 272 кг/га. Последствие органических удобрений в среднем по вариантам обеспечило дополнительный сбор сырого протеина на уровне 104 кг/га. Аналогичное действие применяемые удобрения оказали на сбор белка и кормопротеиновых единиц.

Таблица 2

**Качество зерна озимого тритикале на дерново-подзолистой  
рыхлосупесчаной почве (среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	Сбор к.ед., ц/га	Сы- рой про- теин, %	Бе- лок, %	Сбор бел- ка, кг/га	Сбор КПЕ, ц/га	Сп, г/кг корма	Пп, г/кг корма	Обес- пе- чен- ность 1 к.ед. Пп, г
Без удобрений	46,2	9,9	8,9	298	41,0	84,9	76,5	64
N <sub>70+30</sub>	64,3	10,8	9,8	456	59,5	92,9	84,3	71
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	73,8	10,9	9,8	523	68,2	93,7	84,3	71
Последствие 60 т/га навоза, 2-й год – фон	56,6	10,0	9,0	368	50,4	86,0	77,4	65
Фон + N <sub>70+30</sub>	76,7	11,1	9,9	499	71,3	95,5	85,1	72
Фон + N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	86,7	11,2	10,0	621	81,0	96,3	86,0	72
НСР <sub>05</sub>	2,8	0,5	0,5					

Такие показатели качества зерна, как обеспеченность 1 кг корма и 1 к.ед. переваримым протеином, также зависели от применяемых удобрений. Зерно озимого тритикале в варианте без удобрений имело самую низкую обеспеченность 1 кг корма и соответственно 1 к.ед. переваримым протеином – 76,5 г и 64 г. Внесение минеральных удобрений повысило эти показатели в среднем на 7,7 и 7,0 г.

Зерно лучшего качества в опыте получено при внесении N<sub>70+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> на фоне последствия навоза: сбор белка составил 621 кг/га, кормопротеиновых единиц – 81,0 ц/га при обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином 72 г.

При возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в варианте без удобрений сбор кормовых единиц составил 57,4 ц/га, при обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином – 64 г (табл. 3). Внесение минеральных удобрений способствовало улучшению качественных показателей зерна: выход кормовых единиц увеличился до 89,2 ц/га, сбор кормопротеиновых единиц достиг 82,2 ц/га при обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином – 70 г. За счет последствия навоза на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве получено дополнительно в среднем 7,2 ц/га к.ед. и 70,4 кг/га белка. Применение полного минерального удобрения на фоне последствия навоза по отношению к аналогичному варианту на безнавозном фоне увеличило сбор кормовых единиц на 7%, кормопротеиновых единиц – на 9%, переваримого протеина – на 12%.



Максимальная продуктивность озимого тритикале с лучшими показателями качества зерна получена в варианте с полным минеральным удобрением на фоне последействия навоза: сбор белка составил 701 кг/га, кормопротеиновых единиц – 89,6 ц/га при обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином 74 г.

Таблица 3

**Качество зерна озимого тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (среднее за 2008-2009 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	57,4	9,9	8,9	370	50,9	85,5	76,5	64
N <sub>70+30</sub>	83,1	10,6	9,7	582	76,5	91,2	83,4	70
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	89,2	10,7	9,7	626	82,2	92,0	83,4	70
Последействие 60 т/га навоза, 2-й год – фон	66,0	10,1	9,0	430	58,8	86,9	77,4	65
Фон + N <sub>70+30</sub>	90,2	11,3	10,1	658	84,6	97,2	86,9	73
Фон + N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	95,0	11,4	10,2	701	89,6	98,0	87,7	74
НСП <sub>05</sub>	2,7	0,6	0,6					

Таким образом, применение минеральных удобрений на фоне последействия органических позволило получить зерно тритикале более высокого качества, способствуя увеличению сбора белка, кормовых и кормопротеиновых единиц, обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином.

Применение удобрений оказывает влияние не только на содержание белка, но изменяет и его качество. В настоящее время установлено, что биосинтез индивидуальных, специфических для данного организма белков определяется генетическими факторами [7]. Поэтому нельзя изменить фракционный или аминокислотный состав индивидуальных растительных белков теми или иными агротехническими приемами. Однако при этом можно в определенной степени влиять на количество той или иной фракции или аминокислоты.

Аминокислоты являются основными структурными единицами молекул белковых веществ. При гидролизе белков различной природы получают смесь из 20 аминокислот. В организме как человека, так и животных в процессе обмена веществ многие аминокислоты синтезируются из других аминокислот или соединений, в связи с чем получили название заменимые аминокислоты. Такие аминокислоты как лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин и триптофан не могут синтезироваться в организме человека и ряда животных, получили название незаменимые аминокислоты [2]. Содержание незаменимых аминокислот определяет биологическую ценность зерна.

В исследованиях применение удобрений оказало неоднозначное влияние на количество критических и незаменимых аминокислот (табл. 4).

Содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, было в среднем по вариантам на 20% выше, чем в зерне, выращенном на рыхлосупесчаной почве. Установлено, что применение минеральных удобрений на безнавозном фоне не способствовало улучшению аминокислотного состава зерна как на рыхлосупесчаной, так и на легкосуглинистой почвах. Повышение содержания исследуемых аминокислот в зерне озимого тритикале отмечено при внесении минеральных удобрений только на фоне последействия навоза.

Таблица 4

**Аминокислотный состав зерна озимого тритикале  
(среднее за 2008-2009 гг.), г/кг зерна**

Вариант	лизин*	треонин*	метионин*	валин	изолейцин	лейцин	фенилаланин	Сумма критических аминокислот*	Сумма незаменимых аминокислот
дерново-подзолистая рыхлосупесчаная почва									
Без удобрений	2,60	2,21	0,96	3,82	2,73	5,22	3,32	5,77	20,86
N <sub>70+30</sub>	2,57	2,16	0,96	3,83	2,74	5,22	3,25	5,69	20,73
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,55	2,08	0,92	3,68	2,62	4,98	3,18	5,55	20,01
Последействие 60 т/га навоза, 2-й год – фон	2,92	2,18	0,99	3,94	2,76	5,33	3,43	6,09	21,55
Фон + N <sub>70+30</sub>	2,80	2,24	1,00	4,01	2,89	5,50	3,56	6,04	22,00
Фон + N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	2,87	2,30	1,01	4,03	2,95	5,52	3,57	6,18	22,25
дерново-подзолистая легкосуглинистая почва									
Без удобрений	3,00	2,61	1,17	4,38	3,35	5,92	3,89	6,92	24,32
N <sub>70+30</sub>	2,92	2,80	1,20	4,48	3,41	6,03	3,97	6,92	24,81
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	3,00	2,70	1,25	4,50	3,45	6,20	4,00	6,95	25,10
Последействие 60 т/га навоза, 2-й год – фон	3,05	2,66	1,16	4,38	3,35	5,89	3,90	6,88	24,39
Фон + N <sub>70+30</sub>	3,01	2,92	1,36	4,79	3,70	6,64	4,33	7,29	26,75
Фон + N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	3,03	2,95	1,40	4,85	3,78	6,71	4,42	7,38	27,14

В целом максимальное содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале получено в вариантах, предусматривающих внесение полного минерального удобрения на фоне последействия навоза: по сравнению с безнавозным фоном сумма критических аминокислот на рыхлосупесчаной почве увеличилась с 5,55 до 6,18 г/кг зерна, незаменимых – с 20,01 до 22,25 г/кг зерна. При возделывании озимого тритикале на легкосуглинистой

почве данные величины увеличились с 6,95 до 7,38 г/кг и с 25,10 до 27,14 г/кг зерна соответственно.

На основании аминокислотного состава зерна озимого тритикале был произведен расчет биологической ценности белка по «химическому числу», где каждая незаменимая аминокислота выражается в процентном отношении к содержанию этой аминокислоты в белке цельного куриного яйца, и «аминокислотному скору», который аналогичен вышеизложенному методу, однако в нем в качестве идеальной аминокислотной шкалы используется шкала Всемирной организации здравоохранения и комитета по продовольствию ООН (шкала ФАО/ВОЗ) [5].

Установлено, что зерно озимого тритикале, возделываемое в погодных условиях 2008-2009 гг. в центральном регионе республики имело невысокие показатели биологической ценности белка, рассчитанные по содержанию критических и незаменимых аминокислот, причем, качество белка зерна, выращенного на рыхлосупесчаной почве, было ниже, чем на легкосуглинистой почве (табл. 5). Содержание лимитирующей аминокислоты лизина составило в среднем 52% от рекомендованной нормы ФАО/ВОЗ на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве и 57% – на легкосуглинистой почве. Биологическая ценность белка, рассчитанная по содержанию незаменимых аминокислот в среднем составила на рыхлосупесчаной почве – 69,5%, на легкосуглинистой почве – 83,5% к рекомендованному ФАО/ВОЗ. Лучшими показателями биологической ценности белка характеризуется зерно, полученное в вариантах без применения минеральных удобрений. Применение минеральных удобрений способствовало некоторому снижению биологической ценности белка. В целом, как на рыхлосупесчаной почве, так и на легкосуглинистой, белок зерна в вариантах с применением минеральных удобрений на фоне последействия 60 т/га навоза был несколько богаче по наличию в нем критических и незаменимых аминокислот. Улучшение качества зерна на фоне последействия органических удобрений обусловлено тем, что при совместном использовании их с минеральными удобрениями, вторые обеспечивают хороший рост и развитие вегетативной массы, а первые, как медленно разлагающиеся, – нужным питанием растения в период налива зерна. В результате этого создаются благоприятные условия формирования высокого урожая озимого тритикале с хорошим качеством зерна.

Таблица 5

**Биологическая ценность белка озимого тритикале  
(среднее за 2008-2009 гг.)**

Вариант	Содержание лизина, мг/г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
дерново-подзолистая рыхлосупесчаная почва							
Без удобрений	29,2	71	55	40,2	56,7	53,4	73,3
N <sub>70+30</sub>	26,2	71	55	36,0	51,1	47,9	66,1

Вариант	Содержание лизина, мг/г белка			Биологическая ценность белка, %			
	опыт	цельное яйцо	шкала ФАО/ВОЗ	химическое число		аминокислотный скор	
				АКкр	АКн	АКкр	АКн
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	26,0	71	55	35,0	49,4	46,5	63,8
Последствие 60 т/га навоза, 2-й год – фон	32,4	71	55	41,5	57,8	55,1	74,7
Фон + N <sub>70+30</sub>	28,3	71	55	37,6	53,7	50,0	69,5
Фон + N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	28,7	71	55	38,1	53,8	50,6	69,6
дерново-подзолистая легкосуглинистая почва							
Без удобрений	33,7	71	55	47,4	66,5	63,1	86,0
N <sub>70+30</sub>	30,1	71	55	44,8	62,4	59,5	80,6
N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	30,9	71	55	44,9	63,0	59,8	81,5
Последствие 60 т/га навоза, 2-й год – фон	33,9	71	55	47,5	66,0	63,1	85,3
Фон + N <sub>70+30</sub>	29,8	71	55	45,6	64,6	60,9	83,6
Фон + N <sub>70+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	29,7	71	55	45,8	65,0	61,2	84,1

## ВЫВОДЫ

1. Возделывание озимого тритикале на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве без удобрений обеспечило сбор кормовых единиц в среднем 46,2 ц/га, белка – 298 кг/га, кормопротеиновых единиц – 41 ц/га при обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином 64 г; на легкосуглинистой почве соответственно 57,4 ц/га, 370 кг/га, 50,9 ц/га при такой же обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином.

2. Максимальная продуктивность озимого тритикале с лучшими показателями качества зерна получена в варианте с полным минеральным удобрением на фоне последствия 60 т/га навоза: на рыхлосупесчаной почве сбор кормовых единиц в данном варианте составил 86,7 ц/га, сбор белка – 621 кг/га, кормопротеиновых единиц – 81,0 ц/га при обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином 72 г. На легкосуглинистой почве данные величины находились на уровне 95,0 ц/га, 701 кг/га и 89,6 ц/га соответственно при обеспеченности 1 к.ед. 74 г переваримого протеина.

3. Содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне озимого тритикале, возделываемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве было в среднем по вариантам на 20% выше, чем на рыхлосупесчаной почве. Применение минеральных удобрений на безнавозном фоне не способствовало улучшению аминокислотного состава зерна как на рыхлосупесчаной, так и на легкосуглинистой почвах. Повышение содержания исследуемых аминокислот в зерне озимого тритикале отмечено при внесении минеральных удобрений только на фоне последствия навоза.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: Сб. науч. материалов / НАН Беларуси, Ин-т земледелия и селекции; под ред. М.А. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 304 с.
2. Комбикорма и кормовые добавки: справ. пособие / В.А. Шаркунов [и др.]. – Минск: «Экоперспектива», 2002. – 440 с.
3. Детковская, Л.П. Влияние удобрений на урожай и качество зерна / Л.П. Детковская, Е.М. Лимантова. – Минск: Ураджай, 1987. – 135 с.
4. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И. М. Богдевич [и др.] / НАН Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2005. – 14 с.
5. Серая, Т.М. Эффективность применения органических и минеральных удобрений под озимое тритикале на дерново-подзолистых почвах / Т.М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2(43). – С. 110-119.
6. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
7. Минеев, В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М.: Колос, 1981. – 288 с.

**INFLUENCE OF FERTILIZER ON THE CONTENT  
OF GRAIN WINTER TRITICALE ON SOD-PODZOLIC SOILS**

**T.M. Seraya, E.G. Mezentseva, E.N. Bogatyreva,  
O.M. Biryukova, R.N. Biryukov, M.E. Rodina**

**Summary**

The results of investigations of quality of the content grain winter triticales cultivation on sod-podzolic light loamy and loamy sandy soils depending on using organic and mineral fertilizing are revealed.

*Поступила 21 октября 2010 г.*

УДК 631.8:633.16

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ  
В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ**

**Г.В. Пироговская<sup>1</sup>, А.М. Русалович<sup>1</sup>, О.П. Сазоненко<sup>1</sup>, В.И. Сороко<sup>1</sup>,  
О.И. Исаева<sup>1</sup>, С.С. Хмелевский<sup>1</sup>, Филипенко С.В.<sup>2</sup>, Сенченко В.Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию,  
г. Жодино, Беларусь

**ВВЕДЕНИЕ**

Программой «Развитие пивоваренной отрасли Республики Беларусь на 2006-2010 гг.» определена потребность в пивоваренном ячмене для производ-

ства солода в количестве 150-170 тыс. тонн, что составляет примерно 6-8% от общего производства ячменя. Основным требованием пивоваренной промышленности является получение зерна ячменя высокого качества. Использование сырья с неудовлетворительными технологическими показателями в пивоваренной промышленности ведет к перерасходу зерна и получению некачественной продукции. Например, увеличение экстрактивности зерна на 1% позволяет с 1 тонны перерабатываемого солода получить дополнительно до 100 литров пива.

В соответствии с требованием ГОСТа 5060-86 «Ячмень пивоваренный», зерно пивоваренных сортов ячменя (1 класс) должно быть: светло-желтым, или желтым, крупность (остаток зерна в сходе с сита 2,5x20 мм) – не менее 85%, мелких зерен (остаток зерна в сходе с сита 2,2x20 мм) – не более 5%, способность прорастания – не менее 95%, содержание белка – не более 12%, крахмала – 60-70%, экстрактивных веществ – 78-82%, влаги – не более 15%, сорной примеси – не более 1%, зерновой примеси – не более 2%, мелких зерен – не более 5%; 2 класс: цвет – светло-желтый, желтый или серовато-желтый, крупность – не менее 60%, мелких зерен – не более 7%, способность прорастания – не менее 90%, содержание белка – не более 12%, содержание крахмала – 60-70% и экстрактивных веществ – 78-82% [1].

Согласно ТУ ВУ 190239501.773-2010 (взамен ТУ РБ 190239501.050-2003) по органолептическим показателям ячмень должен соответствовать следующим требованиям [2]:

– *базисная норма* (норма, в соответствии с которой проводят расчет на заготовливаемое зерно ячменя) – запах чистый, свежий, свойственный нормальному зерну ячменя; цвет – светло-желтый, желтый, ровный с блеском; состояние – здоровый, не греющийся;

– *ограничительная норма* – не допускается присутствие затхлого, солодового, гнилостного, плесневелого, и других несвойственных ячменю запахов; цвет серовато-желтый, потемневшие кончики – не более 5%.

По физико-химическим показателям ячмень должен соответствовать требованиям:

– *базисная норма*: влажность – 14,5%; содержание белка – 11,5%; крупность – 90%; содержание мелких зерен – 5%; способность прорастания – 95%; жизнеспособность, не менее – 95%;

– *ограничительная норма*: влажность – не более 15,5%; содержание белка – не более 12%; крупность – не менее 75%; содержание мелких зерен – не более 7%; способность прорастания – не менее 90%; жизнеспособность – 95%.

В странах ЕС основные требования показателей качества, предъявляемые к зерну пивоваренного ячменя, следующие: цвет должен быть светло-желтый, крупность – не менее 90%, содержание мелкого зерна – не более 3%, способность прорастания – не менее 97%, содержание белка – не более 9,0-11,5%, экстрактивность – 78-80% [3].

Известно, что высокое содержание белка (>12%) в зерне ячменя ухудшает пивоваренные качества, снижает содержание крахмала, что, в свою очередь, уменьшает экстрактивность, а пиво, полученное из такого зерна, имеет меньшую прозрачность.

На качество зерна пивоваренного ячменя оказывают влияние агротехнические факторы: выбор почвы, предшественника, обработка почвы, сорт, норма высева и сроки сева, глубина заделки семян, уход за посевами и т.д. Нарушение

агротехнических требований обычно приводит к низкому качеству зерна ячменя (меняется цвет, крупность семян, содержание белка, экстрактивность и т.д.). Совершенствование интенсивных технологий возделывания пивоваренного ячменя на основе оптимизации лимитирующих факторов, должно обеспечить получение максимальной урожайности при высоком качестве продукции.

Почвенно-климатические условия Республики Беларусь в основном благоприятны для возделывания ячменя для пивоваренной промышленности, особенно, в центральных и северных областях. В республике возделываются в основном пивоваренные сорта ячменя: Атаман, Визит, Гастинец, Зазерский 85, Сябра, Сталы, Талер, Бровар селекции РУП «Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию» и сорта зарубежной селекции: Тюрингия, Филадельфия, Ксанаду (ФРГ), Антьяго (Австрия), Стратус (Польша), Сильфид (Франция), обеспечивающие высокую урожайность зерна.

Минеральные удобрения являются одним из факторов, от которого, в большей степени, зависит уровень урожайности и качество продукции. В республике, при возделывании пивоваренного ячменя, в основном, используются стандартные удобрения (аммонизированный суперфосфат, или аммофос и хлористый калий), которые вносятся в почву в зависимости от планируемой урожайности и содержания фосфора и калия в почве. Азотные удобрения вносятся весной – под предпосевную обработку почвы в дозах от 45-60 до 80-90 кг/га д.в., фосфорные – в основную обработку почвы в дозах от 30 до 120 кг/га д.в. и калийные – 120-160 кг/га д.в. [4].

Важнейшей задачей стоящей перед сельскохозяйственным производством является дальнейшее совершенствование интенсивных технологий возделывания пивоваренного ячменя на основе оптимизации режима минерального питания с внесением удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания.

Цель исследований (2007-2010 гг.) – разработать и изучить влияние разных форм и доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя.

Для пивоваренного ячменя РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и ОАО «Гомельский химический завод» разработаны комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения с различным соотношением элементов питания для почв различного уровня плодородия. Они технологичны в применении, содержат в одной грануле макро- (азот, фосфор, калий), микроэлементы (медь, марганец), гарантируют получение высокого урожая зерна с хорошими технологическими показателями.

В статье приводятся данные по влиянию разных форм и доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований явились новые формы комплексных удобрений с модифицирующими добавками; смеси стандартных туков (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий), используемые в качестве базовых вариантов; пивоваренный ячмень сорта Атаман и сорта Бровар (в Госреестре с 2007 г.).

Исследования по изучению эффективности новых форм комплексных удобрений проводили в 2007-2010 гг. в полевых опытах:

– на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, со следующими агрохимическими показателями в пахотном горизонте: рН в КСl – 5,51-6,06 (среднее по полям), содержание подвижного  $P_2O_5$  – 316-414 и  $K_2O$  – 153-312 мг/кг почвы, обменного кальция – 998-1090 и магния – 105-178 мг/кг почвы, гумуса – 2,12-2,38% (СПК «Щемяслица» Минского района Минской области);

– дерново-подзолистой легкосуглинистой, подстилаемой с глубины 0,5 м мореным суглинком, почве: рН 5,9-6,1, содержание подвижного фосфора – 230-252 мг/кг почвы, подвижного калия – 261-283 мг/кг почвы, гумуса – 1,98%, (экспериментальная база РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино).

Площадь делянок в полевом опыте в СПК «Щемяслица» составляла 32 м<sup>2</sup>, учетная – 21 м<sup>2</sup>, в экспериментальной базе «Жодино» – 30 м<sup>2</sup>, учетная – 20 м<sup>2</sup>, повторность вариантов в опытах – 4-х кратная.

Посев ячменя проводили в апреле (2007 и 2009 г. – 17-18.04, 2008 г. – 23.04. и 2010 г. – 26.04), уборку – в августе (3.08-13.08). Норма высева зерна пивоваренного ячменя сорта Атаман (СПК «Щемяслица») и Бровар (РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию») составляла 4,5 млн. всх. семян/га.

Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми технологическими регламентами и учетом рекомендаций по интенсивным технологиям возделывания сельскохозяйственных культур [5, 6].

В опытах применяли интегрированную защиту растений ячменя, включающую следующие мероприятия: предпосевную обработку семян препаратом Ламадор в дозе 0,2 л/т; обработку посевов гербицидами – «лонтрелом» в дозе 0,6 л/га и «агритоксом» в дозе 0,8 л/га, некорневую обработку посевов ячменя микроэлементами в форме солей, или удобрением жидким комплексным с микроэлементами (Cu, Mn) с хелатной форме, фунгицидную обработку от болезней препаратом Фоликур в дозе 1 л/га.

В почвенных образцах определяли: рН в КСl суспензии – потенциометрически на рН – метре ЛПЧ-01; подвижные формы фосфора и калия (0,2 н НСl) – по А.Т. Кирсанову, общий гумус – по И.В. Тюрину в модификации ЦИНАО [7].

Содержание белка в зерне определяли по ГОСТ 10846-91 [8], влажность – по ГОСТ 29144-91 [9].

Урожайность зерна и соломы пивоваренного ячменя приведена при стандартной влажности (зерно – 14%, солома – 17%).

Статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов и использованием программ дисперсионного анализа на ЭВМ [10].

Температура воздуха и осадки по годам приведены по данным наблюдений Гидрометцентра и лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Общеизвестно, что погодные условия оказывают влияние на рост и развитие растений, урожайность и качество продукции.



## Плодородие почв и применение удобрений

Показатели температуры воздуха, количества осадков и рассчитанный гидротермический коэффициент за период вегетации ячменя (апрель-июль) в 2007-2010 гг. существенно отличались от среднемноголетних значений, которые характеризуют, в некотором приближении, оптимальные условия роста и развития растений (табл. 1).

В СПК «Щемяслица» Минского района Минской области количество осадков за вегетационный период возделывания пивоваренного ячменя (апрель-июль) значительно различались по годам: в 2007 г. их выпало 255,8 мм и они были примерно на уровне среднемноголетних (280 мм), 2008 г. – 478,1 (1,71 раз выше среднемноголетних), 2009 г. – 360,4 (1,29 раза выше) и 2010 г. – 315,7 мм, (1,13 раз выше). Сумма температур выше 5°C за вегетационный период была во все годы исследований выше среднемноголетних, например, в 2007-2009 гг. – в 1,08-1,10 раза, в 2010 г. – 1,25 раз.

Гидротермический коэффициент в течение вегетационного периода ячменя изменялся в пределах: 2007 г. – от 0,40 (апрель) до 2,27 (июль); 2008 г. – от 0,91 (июнь) до 4,25 (май); 2009 г. – от 0,12 (апрель) до 3,56 (июнь), а в 2010 г. – от 0,61 (май) до 1,96 (июнь). В среднем за вегетационный период гидротермический коэффициент составил: в 2007 г. – 1,49, в 2008 г. – 2,80, 2009 г. – 2,12 и 2010 г. – 1,61, при среднемноголетнем – 1,78. В целом, вегетационный период 2007 г. характеризуется как слабозасушливый, 2008 и 2009 – влажный, 2010 г. – близкий к среднемноголетнему (табл. 1).

Таблица 1

### Температура воздуха, количество осадков и гидротермический коэффициент за период апрель-август в СПК «Щемяслица» Минского района, 2007-2010 гг.

Год	Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	За 4-7 месяц
СПК «Щемяслица» Минского района						
2007	Осадки, мм	6,6	81,1	44,1	124	255,8
	t °С	6,5	14,3	18,6	17,6	14,3
	Сумма t ° > 5-10 °С	164	452	559	546	1721
	ГТК	0,40	1,79	0,79	2,27	1,49
2008	Осадки, мм	106,4	157,1	45,3	169,3	478,1
	t °С	9,3	11,9	16,6	18,2	14,0
	Сумма t ° > 5-10 °С	277,7	369,8	496,5	563,6	1707,6
	ГТК	3,83	4,25	0,91	3,00	2,80
2009	Осадки, мм	3,1	30,9	169,8	156,6	360,4
	t °С	8,6	12,5	15,9	18,6	13,9
	Сумма t ° > 5-10 °С	258,0	387,5	477,0	576,6	1699,1
	ГТК	0,12	0,80	3,56	2,72	2,12
2010	Осадки, мм	15,9	88,9	103,5	107,4	315,7
	t °С	8,7	14,6	18,4	22,6	16,1
	Сумма t ° > 5-10 °С	261,0	452,6	552,0	700,6	1966,2
	ГТК	ГТК	0,61	1,96	1,88	1,61
Средне- много- летнее	Осадки, мм	48	61	81	90	280,0
	t °С	5,3	12,4	16,1	17,6	12,9
	Сумма t ° > 5-10 °С	159,0	384,4	483,0	545,6	1572
	ГТК	3,02	1,59	1,68	1,65	1,78

Год	Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	За 4-7 месяц
РУП «Научно-практический центр НАН по земледелию» (опытное поле НПЦ НАН Беларуси по земледелию)						
2007	Осадки, мм	17	69	44	96	226
	t °С	6,2	13,9	18,3	17,3	13,9
	Сумма t <sup>0</sup> > 5-10 °С	186	430,9	549	536,3	1702,2
	ГТК	0,91	1,60	0,80	1,79	1,33
2008	Осадки, мм	74,8	86,8	28	105,4	295
	t °С	9,1	11,3	16,1	18,1	54,6
	Сумма t <sup>0</sup> > 5-10 °С	273	350,3	483	561,1	1667,4
	ГТК	2,74	2,48	0,58	1,88	1,77
2009	Осадки, мм	6,9	115,4	134,6	57,6	314,5
	t °С	8,3	12,4	15,7	18,3	13,7
	Сумма t <sup>0</sup> > 5-10 °С	249	384,4	471	567,3	1671,7
	ГТК	0,28	3,00	2,86	1,02	1,88
2010	Осадки, мм	35,2	110,1	135,2	131,4	411,9
	t °С	8,3	14,7	18,5	22,7	16,1
	Сумма t <sup>0</sup> > 5-10 °С	249	455,7	555	703,7	1963,4
	ГТК	1,41	2,42	2,44	1,87	2,10
Средне- много- летнее	Осадки, мм	45	58	77	82	262
	t °С	5,7	12,9	16,3	17,9	13,2
	Сумма t <sup>0</sup> > 5-10 °С	171	399,9	489	554,9	1614,8
	ГТК	2,63	1,45	1,57	1,48	1,62

В РУП «Научно-практический центр НАН по земледелию» (г. Жодино) количество осадков за вегетационный период возделывания пивоваренного ячменя (апрель-июль) также различались по годам: в 2007 г. их выпало 226 мм, 2008 г. – 295, 2009 г. – 314,5 и 2010 г. – 411,9 мм, при среднемноголетнем – 262 мм. Сумма температур выше 5°С за вегетационный период была также во все годы исследований выше среднемноголетних (1667,4-1963,4°С). Гидротермический коэффициент в среднем за вегетационный период составил: в 2007 г. – 1,33, в 2008 – 1,77, 2009 – 1,88 и 2010 г. – 2,10, при среднемноголетнем – 1,62.

Приведенные данные показывают, что погодные условия при возделывании пивоваренного ячменя различались как по годам, так и в течение вегетационных периодов, отмечались засушливые и влажные периоды, которые отрицательно сказывалось на росте и развитии растений.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных суглинках, с высокими агрохимическими показателями в пахотном слое в СПК «Щемяслица» Минского района урожайность зерна пивоваренного ячменя сорта Атаман в условиях 2007-2010 гг. изменялась в зависимости от форм и доз применяемых комплексных удобрений (табл.2).

**В слабозасушливом 2007 г.** (засушливые периоды отмечались в апреле и июне) урожайность зерна пивоваренного ячменя сорта Атаман на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных суглинках, незначительно изменялась от форм применяемых комплексных удобрений. На контрольном варианте без применения удобрений урожайность составила 46,6 ц/га, при полном минеральном удобрении с внесением смеси

## Плодородие почв и применение удобрений

стандартных туков (вар. 3) – 59,3 ц/га. При использовании комплексного удобрения без микроэлементов (марка N:P:K = 10:19:25) в дозах N<sub>45</sub>P<sub>87</sub>K<sub>114</sub>; N<sub>60</sub>P<sub>114</sub>K<sub>150</sub>; N<sub>75</sub>P<sub>143</sub>K<sub>188</sub> (вар. 4, 5, 6) урожайность находилась в пределах от 58,4 до 62,8 ц/га. Увеличение дозы комплексного удобрения с N<sub>60</sub>P<sub>114</sub>K<sub>150</sub> до N<sub>75</sub>P<sub>143</sub>K<sub>188</sub> не способствовало увеличению урожая зерна. Включение микроэлементов в состав N:P:K = 10:19:25 (вар. 7) увеличило урожайность до 64,2 ц/га при дозе внесения N<sub>60</sub>P<sub>114</sub>K<sub>150</sub> (334 кг/га д.в. NPK). Прибавка зерна ячменя в этом варианте достоверна (4,9 ц/га), по сравнению с вариантом, где вносились стандартные туки (вар. 3).

Таблица 2

### Влияние комплексных удобрений на урожайность зерна пивоваренного ячменя сорта Атаман на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (СПК «Щемыслица»), 2007-2010 гг.

Вариант	Урожайность зерна,									
	ц/га	+,- к вар. 3	ц/га	+,- к вар. 3	ц/га	+,- к вар. 3	ц/га	+,- к вар. 3	сред- нее	+,- к вар.3
	2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.			
1. Контроль без удобрений	46,6	-	49,5	-	46,6	-	34,5	-	44,3	-
3. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – смесь стандартных удобрений	59,3	-	70,5	-	57,0	-	40,7	-	56,9	-
4. N <sub>45</sub> P <sub>87</sub> K <sub>114</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25	58,4	-0,9	68,1	-2,4	56,1	-0,9	40,5	-0,2	55,8	-1,1
5. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25	62,8	3,5	72,5	2,0	58,1	1,1	41,0	0,3	58,6	1,7
6. N <sub>75</sub> P <sub>143</sub> K <sub>188</sub> , комплексные без микроэлементов, 10:19:25	62,6	3,3	78,6	8,1	61,5	4,5	41,4	0,7	61,0	4,1
7. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные с Cu и Mn, 10:19:25	64,2	4,9	80,3	9,8	58,9	1,9	43,7	3,0	61,8	4,9
8. N <sub>60</sub> P <sub>78</sub> K <sub>114</sub> – комплексные с S, Cu и Mn, 10:13:19	61,1	1,8	74,9	4,4	61,9	4,9	42,9	2,2	60,2	3,3
9. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с Cu и Mn, 13:19:25	61,5	2,2	81,1	10,6	61,9	4,9	42,2	1,5	61,7	4,8
10. N <sub>60</sub> P <sub>96</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с Cu, Mn и B, 10:16:19	62,4	3,1	83,0	12,5	58,4	1,4	40,4	-0,3	61,1	4,2
11. N <sub>60</sub> P <sub>105</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn, 8:14:20	61,9	2,6	80,5	10	58,0	1,0	40,6	-0,1	60,3	3,4
12. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn + «гумидар», 10:19:25	63,1	3,8	82,9	12,4	61,1	4,1	42,5	1,8	62,4	5,5
14. N <sub>60</sub> P <sub>69</sub> K <sub>92</sub> , комплексные с Cu и Mn, 13:15:20	62,4	3,1	80,1	9,6	59,2	2,2	42,1	1,4	61,0	4,1

Вариант	Урожайность зерна,									
	ц/га	+,- к вар. 3	ц/га	+,- к вар. 3	ц/га	+,- к вар. 3	ц/га	+,- к вар. 3	сред- нее	+,- к вар. 3
	2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.			
15. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>120</sub> комплексные с Cu, Mn, 9:13:18	62,0	2,7	83,4	12,9	65,0	8,0	41,7	1,0	63,0	6,1
16. N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>153</sub> комплексные с Cu и Mn, 9:18:23	61,0	1,7	78,4	7,9	62,3	5,3	40,8	0,1	60,6	3,7
НСП <sub>05</sub>	3,53	-	4,27	-	3,37	-	2,20	-	3,42	-

Применение других марок комплексных удобрений с микроэлементами (медью и марганцем) с разным соотношением элементов питания с дозой по азоту 60 кг/га д. в. (вар. 8-16) обеспечило урожайность зерна ячменя на уровне от 61,0 до 63,1 ц/га. При этом лучшим удобрением оказалось NPK с Cu, Mn и регулятором роста растений «гумидар» (вар. 12).

**В условиях влажного 2008 г.** получена самая высокая урожайность зерна ячменя, по сравнению с 2007, 2009-2010 гг. На контрольном варианте, без внесения минеральных удобрений урожайность зерна ячменя составила 49,5 ц/га, в варианте со стандартными формами удобрений (вар. 3) при дозе N<sub>60</sub>P<sub>114</sub>K<sub>150</sub> – 70,5 ц/га, с комплексными без микроэлементов – 72,5, в вариантах с новыми формами комплексных удобрений вар. (7-16) – от 74,9 до 83,4 ц/га.

Увеличение доз комплексного удобрения без микроэлементов (марка N: P:K = 10:19:25, вар. 4-6) с N<sub>45</sub>P<sub>87</sub>K<sub>114</sub> до N<sub>60</sub>P<sub>114</sub>K<sub>150</sub> и N<sub>75</sub>P<sub>143</sub>K<sub>188</sub>) способствовало повышению урожайности с 68,1 до 72,5 и 78,8 ц/га. Применение N:P:K = 10:19:25 с микроэлементами медью и марганцем (вар. 7) увеличило урожайность зерна до 80,3 ц/га, по сравнению с вариантом с внесением аналогичной дозы (N<sub>60</sub>P<sub>114</sub>K<sub>150</sub>) комплексного удобрения, но без микроэлементов (вар. 5) и повышало урожайность зерна на 7,8 ц/га.

По комплексным удобрениям других марок (вар. 8-16), с разным соотношением элементов питания с добавками микроэлементов, или микроэлементов и регулятора роста растений «гумидар», при эквивалентной дозе внесения их по азоту (60 кг/га д. в.) получена урожайность ячменя от 74,9 до 83,4 ц/га. В условиях 2008 г. применение всех комплексных удобрений с модифицирующими добавками имело преимущество по сравнению со смесями стандартных туков (прибавки от 4,4 до 12,9 ц/га) и комплексным удобрением без добавок (прибавки от 2,4 до 10,9 ц/га) (табл. 2).

**Урожайность зерна пивоваренного ячменя в 2009 г.** в вариантах с удобрениями значительно ниже (на 14,0-29,6% в зависимости от вариантов опыта), по сравнению с 2008 г. Это объясняется тем, что повышенные запасы влаги в апреле и мае 2008 г. полностью обеспечили растения ячменя влагой в период формирования вегетативной массы, а апрель и май 2009 г. были засушливыми, что не в полной мере способствовало оптимальному развитию расте-

ний ячменя. А избыток влаги в июне-июле 2009 г. усилил негативное воздействие на формирование урожайности ячменя. Урожайность зерна ячменя на контрольном варианте без внесения минеральных удобрений составила 46,6 ц/га, в вариантах со стандартными формами удобрений – 53,4-57,0 ц/га (вар. 3), в вариантах с разными дозами комплексных удобрений без микроэлементов (вар. 4-6) – 56,1-61,5 ц/га, а в вариантах с новыми формами комплексных удобрений с добавками микроэлементов при различном соотношении азота, фосфора и калия в удобрениях (вар. 7-16) – от 58,0 до 65,0 ц/га.

Урожайность зерна в вариантах (4-6) с разными дозами ( $N_{45}P_{87}K_{114}$ ,  $N_{60}P_{114}K_{150}$ ,  $N_{75}P_{143}K_{188}$ ) комплексного удобрения марки N:P:K = 10:19:25 без микроэлементов составила 56,1, 58,1 и 61,5 ц/га. Увеличение дозы азота с  $N_{45}$  (вар. 4) до  $N_{60}$  (вар. 5) и  $N_{75}$  (вар. 6) способствовало тенденции к увеличению (на 2 и 3,4 ц/га) урожая зерна ячменя.

Применение различных марок комплексных удобрений с добавками микроэлементов (меди и марганца), или микроэлементов и регулятора роста растений «гумидар» (вар. 7-16) при эквивалентной дозе внесения их по азоту (60 кг/га д. в.) обеспечивало получение урожайности ячменя в пределах от 58,0 до 65 ц/га (в 2008 г. – от 74,9 до 83,4 ц/га). При этом лучшими вариантами, где получена достоверная прибавка зерна ячменя, как по сравнению со стандартными формами удобрений (вар. 3), так и с комплексным удобрением без микроэлементов (вар. 5), оказались варианты № 6, 8, 9, 12, 15, 16, т.е. с внесением комплексных удобрений с суммой NPK равной 252, 261, 267, 324 и 333 кг/га д. в.

**Урожайность зерна пивоваренного ячменя в условиях 2010 г.** была самой низкой, по сравнению с урожайностью в 2007-2009 гг. Это объясняется неблагоприятными погодными условиями в течение вегетационного периода возделывания ячменя (апрель – засушливый, май, июнь и июль – влажные). На контрольном варианте без внесения минеральных удобрений урожайность зерна составила 34,5 ц/га, в вариантах со стандартными формами удобрений – 38,6-40,7 (вар.3), в вариантах с разными дозами комплексных удобрений без микроэлементов (вар. 4-6) – 40,5-41,8 ц/га, а в вариантах с новыми формами комплексных удобрений с добавками микроэлементов и различным соотношением азота, фосфора и калия в удобрениях (вар. 7-16) – от 40,6 до 43,7 ц/га. Прибавки зерна от применения новых форм удобрений в этом году были самыми низкими, а лучшими дозами оказались  $N_{60}P_{114}K_{150}$  с комплексным удобрением с микроэлементами (Cu и Mn), марка N:P:K = 10:19:25 (вар. 7) и  $N_{60}P_{78}K_{114}$  с удобрением марки N:P:K = 10:13:19 (вар. 8).

Из приведенных данных в таблице 2 видно, что во все годы исследований при возделывании ячменя сорта Атаман на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве высокого уровня плодородия (СПК «Щемыслица») прибавки зерна ячменя от комплексных удобрений с модифицирующими добавками в среднем за четыре года были в пределах от 3,3 до 6,1 ц/га. При этом лучшими оказались марки комплексных удобрений с соотношением N:P:K = 9:18:23 (вар. 16); 10:19:25 (вар. 12, 7); 13:19:25 (вар. 9); 10:16:19 (вар. 10).

Эффективность отдельных вышеуказанных форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками изучалась в полевых опытах с ячменем сорта Бровар на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (табл. 3).

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов  
на урожайность пивоваренного ячменя сорта Бровар  
(экспериментальная база РУП  
«Научно-практический центр НАН по земледелию»), 2007-2010 гг.**

Вариант	Урожайность зерна,									
	ц/га	+,- вар.3	ц/га	+,- вар.3	ц/га	+,- вар.3	ц/га	+,- вар.3	сред- нее	+,- вар.3
	2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.			
1. Контроль без удоб- рений	33,1	-	28,6	-	53,7	-	25,0	-	35,1	-
3. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – смесь стандартных удобре- ний	42,3	-	34,9	-	60,3	-	33,3	-	42,7	-
7. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – ком- плексные с микро- элементами (Cu и Mn), 10:19:25	40,4	-1,9	38,6	3,7	58,5	-1,8	34,5	1,2	43,0	0,3
8. N <sub>60</sub> P <sub>78</sub> K <sub>114</sub> – ком- плексные с S, Cu и Mn, 10:13:19	39,4	-2,9	38,9	4,0	57,8	-2,5	31,9	-1,4	42,7	0,0
10. N <sub>60</sub> P <sub>96</sub> K <sub>114</sub> , ком- плексные с Cu, Mn и B 10:16:19	39,1	-3,2	38,5	3,6	60,8	0,5	33,2	-0,1	42,7	0,0
11. N <sub>60</sub> P <sub>105</sub> K <sub>150</sub> , ком- плексные с Cu и Mn, 8:14:20	40,6	-1,7	39,4	4,5	60,5	0,2	33,4	0,1	43,5	0,8
12. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> , ком- плексные с Cu и Mn +»гумидар», 10:19:25	41,9	-0,4	41,9	7,0	62,2	1,9	37,8	4,5	46,0	3,3
НСР <sub>05</sub>	3,31	-	2,92	-	2,59	-	2,11	-	2,77	-

Данные, приведенные в табл. 3, свидетельствуют, что в 2007, 2008 и 2010 гг. урожайность пивоваренного ячменя сорта Бровар была значительно ниже (2007 г. – в 1,4-1,6 раз, 2008 г. – 1,73-2,16 и 2010 г. – 1,08-1,38 раз, в зависимости от вариантов опыта), а в 2009 г. – примерно на уровне сорта Атаман. Самая высокая его урожайность получена в 2009 г. (53,7-62,2 ц/га).

Что касается применения комплексных удобрений с модифицирующими добавками, то только в условиях 2008 г. все формы были более эффективными, по сравнению с традиционной схемой применения минеральных стандартных удобрений под пивоваренный ячмень (вар. 3). Прибавка зерна в зависимости от вариантов опыта составляла от 3,6 до 7,0 ц/га. В остальные годы исследований наиболее эффективным удобрением оказалось комплексное N:P:K = 10-19-25 с медью и марганцем и регулятором роста растений «гумидар».

Содержание сырого белка в зерне ячменя сорта Атаман (СПК «Щемяслица») в условиях 2007-2010 гг. изменялось от года исследований и вариантов опыта и находилось в пределах: 2007 г. – от 9,8 до 12,8% (содержание белка выше 12% отмечено в одном варианте с повышенной дозой удобрений

## Плодородие почв и применение удобрений

N<sub>75</sub>P<sub>143</sub>K<sub>188</sub>); 2008 г. – 9,8-11,2; 2009 г. – 10,3-12,1; 2010 г. – от 9,2 до 13,2 % (и в отдельных вариантах превышало как базисную, так и ограничительную норму) (табл. 4).

Таблица 4

### Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов на содержание белка и крахмала в зерне ячменя сорта Атаман на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2007-2010 гг.

Вариант	Содержание, %							
	белок				крахмал			
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
1. Контроль без удобрений	10,1	10,2	10,3	9,2	61,3	61,6	63,1	58,4
3. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – смесь стандартных удобрений	10,6	9,8	10,1	11,9	61,1	62,1	62,9	59,5
4. N <sub>45</sub> P <sub>87</sub> K <sub>114</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25	11,3	9,8	11,6	9,4	60,1	62,3	61,0	59,7
5. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25	11,8	10,5	11,4	9,7	59,5	61,4	61,1	60,2
6. N <sub>75</sub> P <sub>143</sub> K <sub>188</sub> , комплексные без микроэлементов, 10:19:25	12,8	10,0	12,1	13,2	57,8	61,5	61,0	59,1
7. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные с Cu и Mn, 10:19:25	11,6	10,6	11,5	11,7	59,8	61,8	61,1	59,5
8. N <sub>60</sub> P <sub>78</sub> K <sub>114</sub> – комплексные с S, Cu и Mn, 10:13:19	10,7	10,2	11,4	11,1	60,1	61,6	62,2	59,8
9. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с Cu и Mn, 13:19:25	11,8	10,4	11,4	11,1	58,9	60,8	60,8	59,9
10. N <sub>60</sub> P <sub>96</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с Cu, Mn и B, 10:16:19	10,0	10,9	11,5	9,5	61,3	60,7	60,9	59,9
11. N <sub>60</sub> P <sub>105</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn, 8:14:20	11,6	11,0	11,5	12,9	58,9	61,0	61,3	59,6
12. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn +»гумидар», 10:19:25	10,8	10,9	11,4	11,8	61,8	61,1	61,2	59,4
14. N <sub>60</sub> P <sub>69</sub> K <sub>92</sub> , комплексные с Cu и Mn, 13:15:20	11,1	10,8	11,7	12,1	59,7	60,8	61,9	60,1
15. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>120</sub> комплексные с Cu, Mn, 9:13:18	11,7	10,7	11,0	10,5	60,3	60,9	61,6	60,5
16. N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>153</sub> комплексные с Cu и Mn, 9:18:23	-	10,2	10,7	12,8	-	61,0	61,4	59,8
В среднем по вариантам	11,1	10,5	11,2	11,0	60,1	61,3	61,6	59,7
HCP <sub>05</sub>	0,56	0,47	0,57	0,65	1,86	3,07	2,96	2,57
По ГОСТу 5060-86	<12%				60-70			
По ТУ ВУ 190239501.773-2010	Базисная норма – 11,5%, ограничительная – не более 12,0%				-			
В странах ЕС	9,0-11,5				60-70			

Важным показателем качества зерна пивоваренного ячменя является содержание крахмала. Между содержанием белка и крахмала, как, правило,

наблюдается отрицательная зависимость. Следует также учитывать, что содержание крахмала тесно коррелирует с главным критерием технологической ценности пивоваренного ячменя – экстрактивностью. Согласно нормативным документам содержание крахмала в зерне пивоваренного ячменя должно быть в пределах от 60 до 70%. В годы исследований содержание крахмала в 2008 и 2009 гг. во всех вариантах опыта превышало 60%, а в 2007 и 2010 гг. – его значение выше 60% отмечалось только в отдельных вариантах опыта. Следует также отметить, что самое низкое содержание крахмала было в 2010 г., табл. 4.

В таблице 5 представлены данные по влиянию комплексных удобрений с добавками микроэлементов на крупность и способность прорастания зерна ячменя Атаман.

Таблица 5

**Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов на крупность и способность прорастания зерна ячменя Атаман (СПК «Щемислица» Минского района), 2007-2010 гг.**

Вариант	Показатели, %						
	крупность				способность прорастания*		
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
1. Контроль без удобрений	93,8	92,8	88,9	64,9	94,8	99,6	98,8
3. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – смесь стандартных удобрений	94,9	93,3	85,2	67,2	95,6	99,0	97,6
4. N <sub>45</sub> P <sub>87</sub> K <sub>114</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25	93,8	94,0	76,9	64,9	95,2	99,4	92,1
5. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25 – базовый вариант	93,8	91,3	76,4	71,8	98,0	99,0	92,2
6. N <sub>75</sub> P <sub>143</sub> K <sub>188</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25	91,0	89,5	75,1		98,0	98,8	98,9
7. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные с Cu и Mn, 10:19:25	92,0	92,5	71,2	72,7	98,0	96,0	96,6
8. N <sub>60</sub> P <sub>78</sub> K <sub>114</sub> – комплексные с S, Cu и Mn, 10:13:19	95,0	92,5	79,8	72,0	96,8	98,6	96,8
9. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с S, Cu и Mn, 13:19:25	93,3	91,4	77,8	70,4	90,8	98,6	96,8
10. N <sub>60</sub> P <sub>96</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с S, Cu, Mn и B, 10:16:19	93,9	91,4	78,0	70,4	91,8	98,0	93,4
11. N <sub>60</sub> P <sub>105</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn, 8:14:20	93,7	90,8	79,2	70,3	94,4	97,2	94,6
12. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn + «гумидар», 10:19:25	93,8	91,5	82,3	74,4	93,0	99,4	98,8
14. N <sub>60</sub> P <sub>69</sub> K <sub>92</sub> , комплексные с Cu и Mn, 13:15:20	93,3	89,6	83,2	70,1	93,0	97,8	96,7



Вариант	Показатели, %						
	крупность				способность прорастания*		
	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
15. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>120</sub> комплексные с Cu, Mn, 9:13:18	93,1	88,1	86,0	74,9	92,0	98,0	97,4
16. N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>153</sub> комплексные с Cu и Mn, 9:18:23	-	92,8	86,8	74,5	93,4	98,8	95,0
В среднем по вариантам	93,7	91,7	80,9	70,4	94,8	98,4	96,0
По ГОСТу 5060-86	>85				>95		
По ТУ ВУ 190239501.773-2010*	Базисная норма – 90%, ограничительная – не менее 75%				Базисная норма – 95%, ограничительная – не менее 90%		
В странах ЕС	>90				>95		

\* – способность прорастания, % (для зерна, поставляемого не ранее чем через 45 дней после его уборки)

Показатель масса 1000 зерен в сочетании с белком зачастую используют для получения расчетных показателей по экстрактивности. Считают, что оптимум по массе 1000 зерен находится в пределах от 43 до 47 грамм. Более крупное или более мелкое зерно менее пригодно для пивоварения [11]. В условиях 2007 г. масса 1000 зерен пивоваренного ячменя сорта Атаман различалась по вариантам и была в пределах от 52,0 до 57,5 грамм, 2008-2009 гг. – от 43,5 до 47,5 и 2010 г. – 32,0-36,9 грамм. В 2007 и 2008 гг. крупность зерна соответствовала базисной норме (более 90%), в 2008 г. – в пределах ограничительной нормы, а в 2010 г. – ниже даже ограничительной нормы. Во все годы исследований способность прорастания зерна была выше 90%, и изменялась в зависимости от вариантов опыта в пределах: в 2008 г. – от 90,8 до 98,1%, 2009 – 96,0-99,6%; 2010 г. – 92,1-98,9%.

Показатели качества зерна пивоваренного ячменя сорта Бровар (содержание белка, крупность, масса 1000 зерен) на дерново-подзолистой легкосуглинистой, подстилаемой моренными суглинками, почве, в экспериментальной базе РУП «Научно-практический центр НАН по земледелию» представлены в табл. 6.

Содержание белка в зерне пивоваренного ячменя сорта Бровар в 2007, 2008, 2010 гг. соответствовало требуемым стандартам, и только в 2009 г. в вариантах с удобрениями было выше 12%. Наиболее крупное зерно было получено в 2007 и 2008 гг. (крупность в пределах от 90,0 до 94,0%), в 2009 г. – в вариантах с комплексными удобрениями крупность зерна составляла 88,1-92,1%, на смеси стандартных удобрений – 85,4%. Самое мелкое зерно сорта Бровар было получено в 2010 г. (61,3-81,9%), при этом, как и в 2009 г., более высокая крупность зерна была в вариантах с комплексными удобрениями с добавками микроэлементов. Масса 1000 зерен изменялась как от года исследований, так и от вариантов опыта, и была минимальной в 2010 г., что отмечалось выше и по зерну сорта Атаман.

Приведенные данные показывают, что за годы исследований (2007-2010 гг.) на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах высокого уровня плодородия (индекс агрохимической окультуренности почв от 0,73 до 0,97) урожайность зерна ячменя сорта Атаман и Бровар значительно изменялась от погодных условий.

Например, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (СПК «Щемыслица») при возделывании ячменя сорта Атаман урожайность на контрольном варианте без внесения минеральных удобрений изменялась от 34,5 (2010 г.) до 49,5 ц/га, на долю фактора «почва» приходилось в 2007 г. – 78,6%; 2008 – 70,2; 2009 – 81,8; 2010 г. – 84,8%. На долю NPK стандартных удобрений в 2007 г. – 21,4%, 2008 г. – 29,8; 2009 г. – 18,2 и 2010 г. – 15,2%, соответственно на долю NPK с добавками меди, марганца и регулятора роста растений «гумидар» (вар. 12) – 26,1 40,3, 23,7 и 18,8%.

Таблица 6

**Пивоваренные качества зерна пивоваренного ячменя сорта Бровар, 2007- 2010 гг.**

Вариант	Показатели качества зерна											
	содержание белка в зерне, %				крупность зерна, %				масса 1000 зерен, г			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
1. Контроль без удобрений	10,3	9,4	11,7	11,7	85,5	89,0	91,4	61,3	45,5	51,4	47,1	39,5
3. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – смесь стандартных удобрений	9,9	9,1	12,8	10,8	91,5	91,0	85,4	61,8	48,0	50,5	46,1	42,8
7. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные с микроэлементами (Cu и Mn), 10:19:25	9,7	8,9	12,9	10,9	91,0	93,0	88,1	82,0	47,9	51,0	45,4	40,9
8. N <sub>60</sub> P <sub>78</sub> K <sub>114</sub> – комплексные с S, Cu и Mn, 10:13:19	10,5	8,8	12,6	11,2	93,0	94,0	90,9	77,8	48,5	50,9	46,5	41,8
10. N <sub>60</sub> P <sub>96</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с Cu, Mn и B 10:16:19	10,1	8,3	12,5	11,7	91,8	92,0	89,9	81,9	48,0	49,9	45,2	40,3
11. N <sub>60</sub> P <sub>105</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn, 8:14:20	9,7	9,4	12,3	10,7	90,0	91,0	92,1	79,2	47,5	51,3	46,3	43,0
12. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn + «гумидар», 10:19:25	9,9	9,0	12,1	11,6	91,5	92,0	92,0	78,6	46,9	50,8	48,6	41,3
В среднем по вариантам	10,0	9,0	12,4	11,2	90,6	91,7	90,0	74,7	47,5	50,8	46,5	41,4
НСР <sub>05</sub>	0,45	0,49	0,74	0,56	4,5	5,4	4,3	2,9	2,4	2,5	2,3	3,2

На дерново-подзолистой легкосуглинистой, подстилаемой моренными суглинками, почве (сорт ячменя Бровар) доля фактора «почва» составила в 2007 г – 78,3%; 2008 г. – 81,9; 2009 г. – 89,1; 2010 г. – 75,1%, на долю NPK стандартных

удобрений приходилось в 2007 г. – 21,7%, 2008 – 18,1, 2009 – 10,9 и 2010 г. – 24,9%, комплексных с NPK с добавками меди, марганца и регулятора роста растений «гумидар» (вар. 12) – 21,7; 31,7, 13,7 и 33,9%.

Оценка экономической эффективности новых форм комплексных удобрений при возделывании пивоваренного ячменя сорта Атаман проводилась согласно методике определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений. При расчете стоимости удобрений учитывалась стоимость единицы действующего вещества удобрения с учетом НДС. При расчетах затрат на внесение учитывались наценки ССХ (для азотных удобрений 10%, для фосфорных и комплексных – 3%, калийных – 15%) и затраты на доработку продукции. Стоимость зерна пивоваренного ячменя на 2010 г. составляла 151,5 USD/т.

Прибавка урожайности зерна пивоваренного ячменя сорта Атаман в среднем за 4 года от минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, по сравнению с контрольным вариантом, составила от 12,6 до 18,7 ц/га, или от 190,9 до 283,3 USD. Стоимость затрат на приобретение удобрений, внесение удобрений и доработку продукции – 189,5-297,9 USD. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве высокого уровня плодородия рентабельность применения стандартных удобрений при возделывании пивоваренного ячменя составила при N<sub>60</sub>P<sub>114</sub>K<sub>150</sub> (вар. 3) – 9%, перспективных комплексных N-P-K удобрений марки 9-13-18 (сумма NPK = 267 кг/га д.в.) – 40%; 13-15-20 (сумма NPK = 221 кг/га д.в.) – 34; 10-13-19 (сумма NPK = 252 кг/га д.в.) – 27; 10-16-19 (сумма NPK = 270 кг/га д.в.) – 20; 13-19-25 (сумма NPK = 261 кг/га д.в.) – 9% и 8-14-20 (сумма NPK = 315 кг/га д.в.) – 8%. Применение на этой почве комплексных удобрений с суммой NPK более 324-333 кг/га д.в. было нерентабельным, табл.7.

*Таблица 7*

**Экономическая эффективность применения новых форм комплексных удобрений при возделывании ячменя сорта Атаман**

Вариант	Доза, NPK, д.в.	Прибавка, ц/га	Затраты, USD				Стоимость прибавки	Прибыль	Рентабельность, %
			NPK	внесение	уборка	всего			
1. Контроль без удобрений	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – смесь стандартных удобрений	324	12,6	151,7	16,1	41,6	209,4	190,9	-18,5	-9
5. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные без микроэлементов, 10:19:25	324	14,3	201,5	15,8	47,2	264,6	216,6	-47,9	-18
7. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> – комплексные с Cu и Mn, 10:19:25	324	17,5	207,6	15,8	57,8	281,2	265,1	-16,0	-6

Вариант	Доза, NPK, д.в.	Прибавка, ц/га	Затраты, USD				Стоимость прибавки	Прибыль	Рентабельность, %
			NPK	внесение	уборка	всего			
8. N <sub>60</sub> P <sub>78</sub> K <sub>114</sub> – комплексные с S, Cu и Mn, 0:13:19	252	15,9	121,9	15,8	52,5	190,2	240,9	50,7	27
9. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с Cu и Mn, 13:19:25	261	17,4	171,4	12,1	57,4	240,9	263,6	22,7	9
10. N <sub>60</sub> P <sub>96</sub> K <sub>114</sub> , комплексные с Cu, Mn и B, 10:16:19	270	16,8	139,9	15,8	55,4	211,2	254,5	43,3	20
11. N <sub>60</sub> P <sub>105</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn, 8:14:20	315	16,0	152,4	19,8	52,8	225,0	242,4	17,4	8
12. N <sub>60</sub> P <sub>114</sub> K <sub>150</sub> , комплексные с Cu и Mn + «гумидар», 10:19:25	324	18,1	223,9	14,3	59,7	297,9	274,2	-23,7	-8
14. N <sub>60</sub> P <sub>69</sub> K <sub>92</sub> , комплексные с Cu и Mn, 3:15:20	221	16,7	122,2	12,2	55,1	189,5	253,0	63,6	34
15. N <sub>60</sub> P <sub>87</sub> K <sub>120</sub> комплексные с Cu, Mn, 9:13:18	267	18,7	123,0	17,6	61,7	202,3	283,3	81,0	40
16. N <sub>60</sub> P <sub>120</sub> K <sub>153</sub> комплексные с Cu и Mn, 9:18:23	333	16,3	191,8	17,6	53,8	263,2	246,9	-16,2	-6

### ВЫВОДЫ

1. На урожайность зерна пивоваренного ячменя сорта Атаман и Бровар на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в условиях 2007-2010 гг. существенное влияние оказывали погодные условия года и, в большей степени, снижение урожайности обусловлено как засушливыми, так и влажными периодами в течение роста и развития ячменя.

2. Оптимальной дозой по азоту при использовании комплексных удобрений с различным соотношением элементов питания оказалась N<sub>60</sub>, доза N<sub>45</sub> – не обеспечивала получение максимальной урожайности, а N<sub>75</sub> – качества зерна на уровне требуемых стандартов (по содержанию белка).

3. Применение разных форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регулятора роста растений в технологии возделывания пивоваренного ячменя на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах обеспечило уве-

личение урожайности зерна пивоваренного ячменя на 3,3-6,1 ц/га (в среднем за 2007-2010 гг.) при урожайности 60,2-60,0 ц/га (сорт Атаман) и 42,7-46,0 ц/га (сорт Бровар), по сравнению со смесями стандартных удобрений (при урожайности 56,9 и 42,7 ц/га).

4. Лучшими марками комплексных удобрений с микроэлементами на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах высокого уровня плодородия оказались: N:P:K = 9:13:18; N:P:K = 13:19:25; N:P:K = 10:16:19, N:P:K = 10:19:25, которые обеспечили прибавку зерна в пределах от 4,2 до 6,1 ц/га, с показателями качества зерна (содержания белка, крахмала) на уровне требований, предъявляемым в Республике Беларусь и странах ЕС.

5. Неблагоприятные погодные условия, преимущественно выпадение большого количества осадков в июне и июле 2009-2010 гг. (2009 г. – в 2,1-1,7 раза выше среднееголетних, 2010 г. – 1,3-1,2 раза) при формировании колоса и зерна пивоваренного ячменя отрицательно сказались на качественных показателях зерна по крупности, массе 1000 зерен. Крупность зерна в 2009 г. составила в среднем по вариантам опыта 80,9%, 2010 г. – 70,4%, при данных показателях в 2007-2008 гг. – 93,7 и 91,7%. Масса 1000 зерен была минимальной в 2010 г. как на ячмене сорта Атаман (32,0-36,9 грамм), так и сорте Бровар 39,5-43,0 грамм, соответственно при данных показателях в предыдущие годы – 43,5-57,5 и 45,4-51,4 грамм.

6. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве высокого уровня плодородия рентабельность применения перспективных комплексных N-P-K удобрений марки 9-13-18 (сумма NPK = 267 кг/га д.в.) составила 40%; 13-15-20 (сумма NPK = 221 кг/га д.в.) – 34; 10-13-19 (сумма NPK = 252 кг/га д.в.) – 27; 10-16-19 (сумма NPK = 270 кг/га д.в.) – 20; 13-19-25 (сумма NPK = 261 кг/га д.в.) – 9% и 8-14-20 (сумма NPK = 315 кг/га д.в.) – 8%. Применение на этой почве комплексных удобрений с суммой NPK более 324-333 кг/га д.в. было нерентабельным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ячмень пивоваренный: ГОСТ 5060-86. – Введ. 01.07.88. – Москва: Издательство стандартов, 2004. – С. 9-13.
2. Ячмень пивоваренный: ТУ BY 190239501.773-2010. – Введ. 01.07.10. – Минск: РУП Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию, 2010. – 25 с.
3. Кадыров, А.М. Все о пивоваренном ячмене / А.М. Кадыров // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. – № 4. – С. 31-33.
4. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под общ. ред. В.В. Лапы. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / В.Г. Гусаков [и др.]; НАН Беларуси, Ин-т аграр. экономики; под общ. ред. В.Г. Гусаков. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 460 с.
6. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сборник научных материалов, 2-ое изд., доп. перераб./ НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 143-157.
7. Соколов, А.В. Агрохимические методы исследования почв / А.В. Соколов. – Москва: Наука, 1975. – 656 с.

8. Зерно и продукты его переработки. Методы определения белка: ГОСТ 10846-1991. – Введ. 01.06.1993. – Москва: Издательство стандартов, 2004. – С. 18-23.

9. Зерно и зернопродукты. Определение влажности (базовый контрольный метод): ГОСТ 29144-1991. – Введ. 01.10.92. – Москва: Издательство стандартов, 2004. – 9 с.

10. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Москва: Колос, 1973. – 336 с.

11. Неттевич, Э.Д. Выращивание пивоваренного ячменя / Э.Д. Неттевич, З.Ф. Аниканова, Л.М. Романова; под ред. Э.Д. Неттевич. – Москва: Колос, 1998. – 208 с.

## **COMPLEX FERTILIZERS IN TECHNOLOGY OF BREWING BARLEY CULTIVATION**

**G.V. Pirogovskaya, A.M. Rusalovich, O.P. Sazonenko., V.I. Soroko, O.I. Isaeva,  
S.S. Khmelevskij, S.V. Filipenko, V.G. Senchenko**

### **Summary**

The article presents the results of research (2007-2010) on sod-podzolic light loamy soil of high fertility levels on the study of different compound fertilizer forms and doses with trace elements (copper and manganese) and biologically active substances in mainly application them into the soil on the yield and quality indicators of brewing barley of Ataman and Brewery varieties.

It is established that the use of complex fertilizer various forms with micronutrients and plant growth regulators in the technology of brewing barley cultivation has provided grain yield increase on 3,3-6,1 c/ha (by crop harvest 60,2-60 c/ha of barley Ataman variety and 42,7-46 c/ha – Brewery variety) in comparison with standard mixtures (by crop harvest of 56,9 and 42,7 c/ha). The best complex fertilizer marks with trace elements in these soils were: N:P:K = 9:13:18; N:P:K = 10:19:25; N:P:K = 13:19:25; N:P:K = 10:16:19 which provided the grain increase in the range of 4,2 to 6,1 c/ha with grain quality indicators (protein, starch content ) on the level of required standards.

*Поступила 21 октября 2010 г.*

УДК 633.853.494: 631.445.2:631.8

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ УРОЖАЕМ ЯРОВОГО РАПСА ПРИ ИЗВЕСТКОВАНИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ СЛАБОКИСЛОЙ ПОЧВЫ РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМАМИ МЕЛИОРАНТОВ**

**Г.М. Сафроновская, И.А. Царук**

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

Рапс является не только ценной масличной культурой. При производстве растительного масла из семян рапса в качестве побочных продуктов получают жмыхи и экстракционные шроты, которые используются на корм животным. Расширение посевов рапса и озимой сурепицы до 500 тыс. га будет способствовать более полному обеспечению животноводческого сектора белком [1, 2].

Продуктивность сельскохозяйственных культур зависит от накопления элементов питания, поступление которых в растения в различные фазы роста и развития идет с различной интенсивностью и зависит от обеспеченности почвы основными элементами питания и погодных условий периода вегетации. Содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции культур является показателем эффективности применяемых удобрений. От содержания и сбалансированности элементов питания в растениях зависит уровень урожайности и качество растениеводческой продукции [3].

Качество растениеводческой продукции в меньшей степени зависит от уровня кислотности почвы, чем от уровня применяемых удобрений [4]. Существует мнение, что значительные изменения в химическом составе растений наблюдаются в основном на сильнокислых почвах, на почвах со слабокислой реакцией среды известкование практически не изменяет содержания основных элементов питания в растениях. Переизвесткование слабокислой почвы и необоснованное внесение минеральных удобрений может привести к снижению урожайности и качества сельскохозяйственных культур, увеличению материальных и энергетических затрат.

Содержание питательных элементов в растениях является динамичным показателем, зависящим от множества факторов. Вынос основных элементов минерального питания урожаем зависит от биологической особенности культуры, условий ее возделывания. Наличие в известковых мелиорантах кальция положительно сказывается на развитии корневой системы растений. Содержащийся в доломитовой муке магний необходим для активизации процесса фотосинтеза в листовом аппарате. Вместе с тем, кальций и магний являются антагонистами для большинства элементов питания при поступлении их из почвы, что в известной мере влияет на химический состав растений.

В литературных источниках практически нет данных по влиянию известкования почвы различными формами мелиорантов на химический состав растений ярового рапса. Целью наших исследований являлось установить действие известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы различными видами мелиорантов на химический состав растений и вынос их с урожаем ярового рапса.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния известкования на продуктивность и качество ярового рапса проведены в 2008 и 2009 гг. в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой суглинистой слабокислой почве, развивающейся на мощных легких лессовидных суглинках.

Опыт заложен в двух полях. Исследования проведены в звене севооборота: яровое тритикале Лана, горох WSB132.128, яровой рапс Антей, пелюшко-овсяная смесь. Общая площадь делянки – 50 м<sup>2</sup>, учетная – 40 м<sup>2</sup>. Схема опыта (представлена в таблицах по тексту) включала 9 вариантов. На фоне внесения различных доз азотного и калийного удобрения изучено влияние различных форм известковых мелиорантов (доломитовая мука, карбонатный сапропель, мел) на химический состав растений и вынос элементов питания урожаем ярового рапса. Повторность опыта 4-х кратная, размещение делянок – рендомизированное.

Пахотный слой почвы до закладки опыта характеризовался средним содержанием гумуса (2,1%), слабокислой реакцией среды рН<sub>KCl</sub> – 5,60-5,65, высоким

содержанием подвижного фосфора  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – (259-260 мг/кг почвы) и повышенным содержанием подвижного калия  $K_2O$  (0,2 М HCl) – (233-265 мг/кг почвы). Содержание обменного кальция CaO (1 М KCl) было средним – (978-998 мг/кг почвы), содержание обменного магния MgO (1 М KCl) – повышенным (202-205 мг/кг почвы).

В 2006 г. проведено известкование слабокислой почвы доломитовой мукой, карбонатным сапропелем и мелом, из расчета 5,3 т/га доломитовой муки, 10,2 т/га карбонатного сапропеля и 7,1 т/га мела. Кислотность почвы по вариантам опыта при возделывании ярового рапса находилась в интервале pH 5,56-6,57. Предшественником ярового рапса был горох сорт WSB 1.132.128. Норма высева семян рапса составила – 1,8 млн. всхожих семян на 1 га.

Метеорологические условия в 2008 и 2009 гг. различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что отразилось на продуктивности культуры. Вегетационный период 2008 г. характеризовался как умеренно влажный и теплый (ГТК=1,6.) В 2008 г. в июне ГТК составил 0,8, июле – 1,6, в августе был равен 1,1. Вегетационный период 2009 г. по значению ГТК 2,3 характеризовался как избыточно влажный с недостатком осадков в апреле и их избытком в июне-июле.

Агротехника возделывания ярового рапса – общепринятая для Республики Беларусь. Предпосевную обработку почвы выполняли АКШ-3,6. Под предпосевную культивацию были внесены минеральные удобрения в виде карбамида (46% N), аммонизированного суперфосфата (8% N и 30%  $P_2O_5$ ) и хлористого калия (60%  $K_2O$ ). Азотное удобрение вносили дробно: 90 кг/га перед севом, 30 кг/га в подкормку в период стеблевания. В фазу начала бутонизации проведена некорневая подкормка растений ярового рапса Адоб Бор 0,5 л/га (75 г бора на 1 га). Учет урожая семян ярового рапса проведен поделяночно.

Исследования и проведение лабораторных анализов осуществлялись по существующим методикам и ГОСТам. На посевах рапса в фазу розетки листьев, стеблевания, бутонизации, цветения, плодообразования поделяночно, с 0,25 м<sup>2</sup>, были отобраны растительные образцы для определения динамики потребления элементов питания растениями [1]. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ на компьютере.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Помимо использования семян рапса для получения масла, зеленая масса культуры может служить ценным кормом, не уступающим по содержанию питательных веществ бобовым культурам. Зеленый корм отличается сочностью, хорошей переваримостью, незначительным содержанием клетчатки. Из зеленой массы рапса в смеси с другими культурами готовят питательный силос высокого качества, а также используют ее на сидеральное удобрение [1, 6, 7].

Химический состав растений зависит от интенсивности потребления элементов питания из запасов почвы в процессе вегетации. Потребление элементов растениями зависит от биологических особенностей сельскохозяйственных культур, факторов внешней среды, в том числе от кислотности почвенной среды.

Из результатов следует, что наибольшее количество основных элементов минерального питания в сухом веществе ярового рапса содержалось в фазу бу-



тонизации растений (табл. 1). К фазе созревания культуры происходило постепенное снижение концентрации элементов в растениях.

Содержание основных элементов питания в растениях рапса в период вегетации зависело от формы известкового мелиоранта и доз минеральных удобрений (азотного и калийного).

Применение в качестве известкового мелиоранта на слабокислой почве доломитовой муки способствовало увеличению содержания в сухой массе азота, фосфора и магния. На фоне доломитовой муки, содержащей магний и кальций, в результате антагонизма между магнием, калием и кальцием в фазы бутонизации, цветения и плодообразования концентрация калия и кальция в сухой массе растений снижалась. Так, при применении доломитовой муки совместно с  $N_{120}P_{75}K_{90}$  по отношению к варианту без внесения извести в фазу цветения содержание общего азота в растениях увеличилось на 0,28%, фосфора – на 0,75%, магния – на 0,04%. Концентрация калия при этом уменьшилась на 0,46%, кальция – на 0,19%.

На фоне известкования слабокислой почвы мелом содержание азота и фосфора в растениях рапса не изменялось, содержание калия и магния уменьшалось, кальция – увеличивалось. В фазу бутонизации культуры в варианте с минеральными удобрениями в дозах  $N_{120}P_{75}K_{90}$  содержание кальция увеличилось на 0,13%, калия – уменьшилось на 0,67, магния – на 0,05%.

На фоне известкования почвы карбонатным сапропелем в варианте с минеральными удобрениями в дозах  $N_{120}P_{75}K_{90}$  содержание азота в растениях увеличилось по всем фазам роста и развития на 0,23-0,49%, кальция – на 0,11-0,16%. Содержание фосфора и калия под влиянием карбонатного сапропеля значительно не изменялось.

Увеличение дозы азотного удобрения до 150 кг/га способствовало накоплению в растениях рапса азота. В фазу бутонизации культуры на фоне доломитовой муки с  $N_{150}P_{75}K_{150}$  содержание азота было на 0,43% выше, чем в варианте с  $N_{120}P_{75}K_{150}$ .

Концентрация калия в сухом веществе ярового рапса зависела от доз калийного удобрения. При увеличении дозы калия со 120 до 150 кг/га его количество в сухой массе растений в фазу бутонизации увеличилось на 1,01%, в фазу цветения – на 0,40%.

Изучение динамики поступления основных элементов питания в растения ярового рапса по основным фазам роста и развития показало, что на начальных этапах роста (в фазу стеблевания), поступление всех изучаемых элементов в растения рапса увеличивалось при известковании слабокислой почвы доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем (табл. 2).

Наибольшее потребление элементов минерального питания культурой отмечается в период бутонизации-цветения. В фазу бутонизации ярового рапса известкование слабокислой почвы доломитовой мукой способствовало увеличению потребления растениями азота, фосфора и магния на 23,1-8,2-2,0 кг/га соответственно. Потребление калия и кальция при этом не изменялось.

Применение в качестве известкового мелиоранта мела совместно с  $N_{120}P_{75}K_{90}$  способствовало поступлению в растения азота, фосфора и кальция, снижая потребление магния и незначительно калия. Потребление азота в фазу цветения увеличивалось на 13,3 кг/га, фосфора – на 7,4, кальция – 16,1 кг/га, потребление магния уменьшалось на 0,6 кг/га. Относительно калия, при известковании почвы мелом, отмечалась тенденция снижения поступления элемента и достоверное снижение его поступления на 17,9 кг/га только в фазу плодообразования, что объясняется антагонизмом данных элементов.

Таблица 1

Химический состав растений ярового рапса по основным фазам роста и развития при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы различными видами мелиорантов, (в среднем за 2 года), % сухого вещества

Вариант	фазы развития																							
	стеблевание						бутонизация						цветение						плодообразование					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N			
Контроль	4,17	1,69	5,55	1,87	0,22	3,15	1,55	5,28	1,01	0,30	2,17	1,25	3,22	0,79	0,24	1,68	1,27	2,61	0,70	0,14				
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub>	4,35	1,77	5,66	1,92	0,30	3,58	1,59	5,28	1,15	0,31	3,08	1,32	3,41	0,83	0,26	1,68	1,21	2,63	0,87	0,13				
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> + д.м.	4,24	1,84	5,23	2,12	0,38	3,82	1,61	4,88	0,91	0,34	2,73	1,52	3,05	1,12	0,30	1,82	1,40	2,41	0,76	0,15				
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + д.м.	4,52	1,86	6,07	2,01	0,45	4,05	1,72	4,82	0,96	0,35	3,36	2,07	3,21	0,75	0,32	1,68	1,36	2,43	0,79	0,14				
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub> + д.м.	4,58	1,53	6,23	1,85	0,36	3,71	1,58	5,06	1,03	0,26	3,41	1,80	3,00	0,98	0,24	2,45	1,29	2,38	0,75	0,19				
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	4,61	1,60	6,47	1,78	0,24	3,47	1,56	6,07	1,07	0,27	3,25	1,54	3,40	1,03	0,25	1,89	1,34	2,52	0,67	0,26				
N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	4,72	1,79	5,96	2,18	0,31	3,89	1,58	5,95	1,13	0,30	3,38	1,47	2,89	1,01	0,23	2,38	1,22	2,43	0,79	0,24				
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + мел	4,53	1,78	5,69	2,35	0,30	3,65	1,68	4,61	1,28	0,26	3,22	1,41	3,22	1,10	0,24	1,75	1,25	2,22	0,90	0,10				
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + к.с.	4,58	1,80	6,33	2,03	0,31	3,81	1,70	5,42	1,26	0,28	3,31	1,28	3,45	0,99	0,22	2,17	1,24	2,68	0,93	0,13				
HCP <sub>05</sub>	0,15	0,10	0,44	0,14	0,02	0,22	0,12	0,42	0,09	0,02	0,23	0,12	0,26	0,08	0,02	0,16	0,10	0,20	0,06	0,01				

Таблица 2  
**Динамика содержания элементов питания в биомассе ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы различными видами мелиорантов, (в среднем за 2 года), кг/га**

Вариант	Фазы развития																							
	стеблевание						бутонизация						цветение						плодообразование					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	
Контроль	35,4	14,4	47,2	15,9	1,9	51,7	25,4	86,6	16,6	4,9	86,4	49,8	128,2	31,4	9,6	99,5	75,2	154,5	41,4	8,3	8,3			
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub>	49,6	20,2	64,5	21,9	3,4	79,8	35,5	117,7	25,6	6,9	159,9	68,5	177,0	43,1	13,5	105,3	75,9	164,9	54,5	8,2	8,2			
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> + Д.М.	51,3	22,3	63,3	25,7	4,6	79,5	33,5	101,5	18,9	7,1	137,3	76,5	153,4	56,3	15,1	111,6	85,8	147,7	46,6	9,2	9,2			
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + Д.М.	64,2	26,4	86,2	28,5	6,4	102,9	43,7	122,4	24,4	8,9	187,5	115,5	179,1	41,9	17,9	113,2	91,7	163,8	53,2	9,4	9,4			
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub> + Д.М.	68,7	23,0	93,5	27,8	5,4	98,3	41,9	134,1	27,3	6,9	199,5	105,3	175,5	57,3	14,0	177,1	93,3	172,1	54,2	13,7	13,7			
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Д.М.	75,1	26,1	105,5	29,0	3,9	105,1	47,3	183,9	32,4	8,2	201,2	95,3	210,5	63,8	15,5	144,0	102,1	192,0	51,1	19,8	19,8			
N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Д.М.	74,1	28,1	93,6	34,2	4,9	114,4	46,5	174,9	33,2	8,8	206,2	89,7	176,3	61,6	14,0	178,7	91,6	182,5	59,3	18,0	18,0			
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + мел	59,8	23,5	75,1	31,0	4,0	86,1	39,6	108,8	30,2	6,1	173,2	75,9	173,2	59,2	12,9	115,9	82,8	147,0	59,6	6,6	6,6			
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + к.с.	67,8	26,6	93,7	30,0	4,6	94,5	42,2	134,4	31,2	6,9	182,4	70,5	190,1	54,5	12,1	149,1	85,2	184,1	63,9	8,9	8,9			
НСР <sub>05</sub>	4,5	1,9	6,2	2,1	0,3	07,0	3,1	10,1	2,1	0,6	12,1	5,9	12,5	4,1	0,6	10,6	6,9	13,0	4,1	0,9	0,9			

Потребление изучаемых элементов питания на фоне применения карбонатного сапропеля увеличивалось по сравнению с вариантом без внесения мелиорантов. В фазу бутонизации при применении минеральных удобрений в дозах  $N_{120}P_{75}K_{90}$  на фоне карбонатного сапропеля потребление азота, фосфора, калия, кальция возрастало на 14,7-6,7-16,7-5,6 кг/га соответственно, в отношении магния наблюдалась тенденция к уменьшению. Потребление магния растениями рапса в этом варианте не было однозначным на протяжении вегетации и в фазу цветения достоверно уменьшалось на 1,4 кг/га.

Наибольшее потребление основных элементов питания по фазам роста и развития растений наблюдалось на фоне доломитовой муки. Таким образом, известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы способствует большему потреблению элементов питания растениями ярового рапса, что в основном связано с созданием благоприятных условий для формирования урожая культуры.

Среднеранний, продуктивный сорт универсального использования Антей, является одним из стабильных и продуктивных сортов ярового рапса в Беларуси [2]. Урожайность семян ярового рапса в наших исследованиях в среднем за два года по вариантам опыта составляла 22,9-35,9 ц/га (табл. 3-4).

Таблица 3

**Влияние различных форм известковых мелиорантов на урожайность семян ярового рапса**

Вариант	Урожайность семян, ц/га			Прибавка урожая семян, ц/га		Окупаемость 1 т $CaCO_3$ , кг семян
	2008 г.	2009 г.	Средняя	к контролю	к варианту без внесения известковых материалов	
Контроль	27,8	18,1	22,9	—	—	—
$N_{120}P_{75}K_{90}$	33,9	25,1	29,4	6,5	—	—
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + д.м.	36,7	28,2	32,4	9,5	3,0	59
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + мел	35,3	26,6	30,9	8,0	1,5	29
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + к.с.	37,2	29,0	33,0	10,1	3,6	72
НСП <sub>05</sub>	1,4	1,5	1,3			

Из результатов следует, что рапс положительно реагирует на внесение известковых мелиорантов. Известкование почвы доломитовой мукой, мелом и карбонатным сапропелем при применении минеральных удобрений ( $N_{120}P_{75}K_{90}$ ) способствовало росту урожайности семян соответственно на 3,0, 1,5 и 3,6 ц/га. Окупаемость 1 т  $CaCO_3$  составила 59, 29 и 72 кг семян. Следует отметить, что по влиянию на урожайность семян ярового рапса доломитовая мука практически не уступала карбонатному сапропелю. На фоне известкования доломитовой мукой применение калийного удобрения в дозах калия 90, 120 и 150 кг/га способствовало увеличению урожайности семян рапса соответственно на 5,6, 6,8 и 9,1 ц/га (табл. 4).

Окупаемость 1 кг калия при внесении в дозах 90, 120 и 150 кг/га существенно не различалась и составляла соответственно 6,2 5,7 и 6,1 кг семян. При повышении доз азота со 120 до 150 кг/га отмечалась только тенденция роста урожайности семян рапса. В среднем за 2 года на фоне известкования почвы долами-

## Плодородие почв и применение удобрений

товой мукой в варианте с  $N_{150}P_{75}K_{150}$  урожайность семян была наибольшей и составляла 36,7 ц/га.

Таблица 4

### Влияние различных доз калийного удобрения на урожайность семян ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы различными видами мелиорантов

Вариант	Урожайность семян, ц/га			Прибавка урожая семян, ц/га		Окупаемость 1 кг калия, кг семян
	2008 г.	2009 г.	средняя	к контролю	к варианту без внесения калия	
Контроль	27,8	18,1	22,9	–	–	–
$N_{120}P_{75}$ + д.м.	29,5	24,0	26,8	3,9	–	–
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + д.м.	36,7	28,2	32,4	9,5	5,6	6,2
$N_{120}P_{75}K_{120}$ + д.м.	37,5	29,8	33,6	10,7	6,8	5,7
$N_{120}P_{75}K_{150}$ + д.м.	38,8	33,0	35,9	13,0	9,1	6,1
$N_{150}P_{75}K_{150}$ + д.м.	38,0	35,3	36,7	13,8	–	–
$HCP_{05}$	1,7	2,0	1,8			

Определение содержания основных элементов питания в семенах и соломе рапса является важным показателем, позволяющим в перспективе устанавливать дозы минеральных удобрений в зависимости от планируемой урожайности и условий возделывания. Солому рапса измельчают при уборке, используя на запашку в качестве органического удобрения, что является дополнительным источником питательных элементов следующей за ним культуры [1, 6, 7].

Проведенные анализы показали, что химический состав семян и соломы ярового рапса зависел не только от доз применяемых минеральных удобрений, но и от вида известковых мелиорантов (табл. 5).

Таблица 5

### Химический состав семян и соломы ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы различными видами мелиорантов, (в среднем за 2 года), % сухого вещества

Варианты	Семена					Солома				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Контроль	3,31	1,70	0,71	0,38	0,42	0,56	0,59	1,62	0,69	0,05
$N_{120}P_{75}K_{90}$	3,59	1,79	0,82	0,40	0,41	0,70	1,05	1,97	0,71	0,07
$N_{120}P_{75}$ + д.м.	3,59	1,76	0,73	0,44	0,50	0,66	1,08	1,85	0,81	0,10
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + д.м.	3,61	1,83	0,76	0,42	0,48	0,72	1,13	2,04	0,78	0,11
$N_{120}P_{75}K_{120}$ + д.м.	3,54	1,78	0,72	0,44	0,45	0,75	1,07	2,18	0,75	0,08
$N_{120}P_{75}K_{150}$ + д.м.	3,58	1,77	0,85	0,43	0,48	0,77	1,11	2,45	0,78	0,07
$N_{150}P_{75}K_{150}$ + д.м.	3,66	1,80	0,84	0,41	0,44	0,84	1,08	2,38	0,76	0,08
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + мел	3,52	1,81	0,69	0,50	0,40	0,68	1,14	2,05	0,96	0,07
$N_{120}P_{75}K_{90}$ + к.с.	3,60	1,82	0,83	0,39	0,43	0,76	1,11	2,08	0,75	0,08
$HCP_{05}$	0,28	0,14	0,06	0,03	0,04	0,06	0,09	0,17	0,06	0,03

Содержание азота и фосфора в семенах ярового рапса значительно выше, чем в соломе. Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы доломитовой мукой при внесении  $N_{120}P_{75}K_{90}$  способствовало увеличению содержания магния в семенах рапса на 0,07 %, соломе – на 0,04%, что связано со значительным его содержанием в данном мелиоранте. Содержание калия в семенах рапса при этом понизилось на 0,06%. В отношении азота, фосфора и кальция в семенах и соломе ярового рапса наблюдалась тенденция к их увеличению.

На фоне известкования мелом увеличивалось содержание в семенах рапса кальция на 0,1%, в соломе – на 0,25%, а также фосфора в соломе – на 0,09%. Содержание калия в семенах при применении мела снизилось на 0,13%.

На фоне карбонатного сапропеля при применении  $N_{120}P_{75}K_{90}$  содержание азота, фосфора, калия, кальция и магния не изменялось.

Содержание азота в семенах и соломе ярового рапса было наибольшим (3,66 и 0,84%) на фоне известкования доломитовой мукой в варианте с внесением повышенной дозы азота ( $N_{150}$ ). При увеличении доз азотного удобрения от  $N_{120}$  до  $N_{150}$  кг/га отмечался рост содержания азота в соломе, и лишь тенденция роста содержания элемента в семенах рапса (табл. 5).

На фоне доломитовой муки, при повышении доз калия от 120 до 150 кг/га, содержание калия в семенах рапса увеличивалось на 0,13%, в соломе – на 0,27%.

Общий вынос элементов питания растениями ярового рапса увеличивался по мере роста урожайности семян на фоне применения доломитовой муки и карбонатного сапропеля (рис. 1).

На фоне известкования доломитовой мукой, по сравнению с вариантом без известкования, вынос азота увеличился на 15,2 кг/га, фосфора – на 14,2 кг/га, калия – на 11,0 кг/га, кальция – на 7,1 кг/га, магния – на 5,0 кг/га. При известковании карбонатным сапропелем показатели выноса азота, фосфора, калия, кальция и магния возросли на 14,1, 10,2, 10,4, 3,6 и 2,3 кг/га соответственно.

При применении мела, вследствие меньшей урожайности семян рапса, общий вынос азота, калия и магния был на уровне варианта без внесения известковых мелиорантов. Вынос фосфора и кальция при внесении мела увеличился на 5,7 кг/га и 10,6 кг/га соответственно, вследствие увеличения концентрации этих элементов в соломе и семенах рапса.

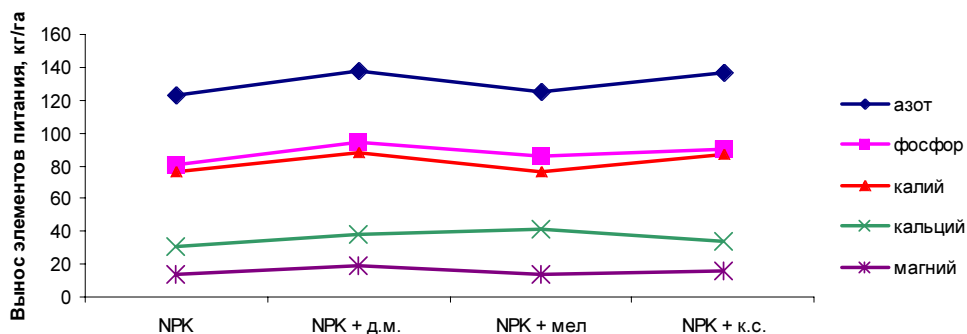


Рис. 1. Общий вынос элементов питания яровым рапсом при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы различными видами мелиорантов

Более постоянной величиной является удельный вынос элементов минерального питания 1 т основной продукции при соответствующем количестве побочной (табл. 6). Показатели удельного выноса элементов питания могут быть использованы для расчета доз удобрений под планируемую урожайность культуры. Повышение дозы азота со 120 до 150 кг/га увеличивало удельный вынос элемента с 37,6 до 38,6 кг/т (на 1 кг/т). Известкование почвы различными формами мелиорантов способствовало росту удельного выноса фосфора на 0,5-1,6 кг/т, однако сами формы мелиорантов не оказывали существенного влияния на вынос фосфора, значения которого по вариантам составляли 24,2-25,3 кг/т.

*Таблица 6*

**Влияние известкования дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы на удельный вынос элементов минерального питания растениями ярового рапса , 2008-2009 гг.**

Вариант	Удельный вынос, кг/т				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Контроль	33,2	19,6	19,7	9,1	4,0
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub>	36,3	23,7	22,5	9,0	4,1
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> + д.м.	36,6	24,5	22,4	10,8	5,2
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + д.м.	37,0	25,3	23,5	10,1	5,0
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>120</sub> + д.м.	36,7	24,2	24,3	10,0	4,5
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	37,6	25,1	29,0	10,6	4,7
N <sub>150</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + д.м.	38,6	24,6	27,4	9,9	4,5
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + мел	35,5	24,3	21,7	11,7	4,0
N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>90</sub> + к.с.	36,9	24,3	23,3	9,2	4,3

Увеличение доз калия с 90 до 150 кг/га повышало удельный вынос элемента соответственно с 23,5 до 29,0 кг/т. На рост удельного выноса кальция и магния урожаем практически не влияло применение карбонатного сапропеля. Внесение доломитовой муки, обладающей более длительным последствием, содержащей кальций и магний, способствовало увеличению удельного выноса кальция с 9,0 до 9,9-10,8 кг/т, магния – с 4,1 до 4,5-5,2 кг/т. Наибольший удельный вынос кальция получен при внесении мела – 11,7 кг/га.

### ВЫВОДЫ

Известкование дерново-подзолистой легкосуглинистой слабокислой почвы положительно влияло на урожайность семян ярового рапса. На химический состав семян и соломы культуры оказывало действие содержание в известковых мелиорантах кальция и магния.

1. Наибольшее количество азота (3,31-3,66%), фосфора (1,70-1,83%) и магния (0,40-0,50%) содержалось в сухой массе семян, чем в соломе рапса. При

этом в соломе преобладало содержание калия (1,62-2,45%) и кальция (0,69-0,96%). Достоверное повышение содержания в семенах и соломе рапса кальция получено при известковании почвы мелом – на 0,1% и 0,25 % соответственно. При известковании доломитовой мукой, по мере роста доз калийного удобрения, снижалось поступление кальция в семена и солому рапса, что обусловлено известным антагонизмом между элементами.

2. На рост удельного выноса кальция и магния урожаем ярового рапса практически не влияло применение карбонатного сапропеля. Внесение доломитовой муки, обладающей более длительным последствием, содержащей кальций и магний, способствовало увеличению удельного выноса кальция с 9,0 до 9,9-10,8 кг/т, магния – с 4,1 до 4,5-5,2 кг/т. Наибольший удельный вынос кальция культурой получен при внесении мела – 11,7 кг/га.

3. На фоне доломитовой муки повышение доз калия с 90 до 150 кг/га увеличивало содержание калия в сухой массе семян рапса на 0,09%, в соломе – на 0,41%. При этом, удельный вынос элемента возрастал с 23,5 до 29,0 кг/т соответственно, что еще обусловлено ростом урожайности семян от калийного удобрения. Увеличение дозы азота со 120 до 150 кг/га повышало удельный вынос элемента с 37,6 до 38,6 кг/т.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рапс / Шпаар Д. [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 208 с.
2. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. / «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
3. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2002. – 184 с.
4. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси: монография / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск: Изд-во БГУ, 2003. – 321 с.
5. Лапа В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2006. – С. 103.
6. Артемов, И.В. Рапс / И.В. Артемов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 44 с.
7. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар [и др.]. – Мн.: ФУАинформ, 1999. – 288 с.

### CHEMICAL COMPOSITION AND REMOVAL OF NUTRITION ELEMENTS WITH HARVEST OF SPRING RAPE IN LIMING OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL WITH SLIGHTLY ACID VARIOUS FORMS OF AMELIORANTS

G.M. Safronovskaya, I.A.Tsaruk

#### Summary

When liming of sod-podzolic weakly acid soils of various forms of lime ameliorants positively influenced the yield of spring rape seeds on chemical composition of plants and take out the main elements nutrition crop yields.



The growth of the specific removal of calcium and magnesium yield practically did not affect the application of calcareous sapropel. The introduction of dolomite, which has a longer aftereffect containing calcium and magnesium, to an increase in the specific removal of calcium from 9,0 to 9,9-10,8 kg/t, magnesium – from 4,1 up to 4,5-5,2 kg/t.

The highest specific removal of calcium was obtained by making chalk – 11,7 kg/ha. Liming slightly acidic soil contributed to the growth of the specific removal of phosphorus on 0,5-1,6 kg/t, but the forms themselves ameliorants had no significant effect on the removal of phosphorus, the values of which the options were 24,2-25,3 kg/t.

On the background of dolomite powder increasing doses of dolomite potassium from 90 to 150 kg/ha increased the potassium content of the dry weight of rapeseed by 0,09% in the straw – on 0,41%. In this case, the specific removal of elements increases from 23,5 to 29,0 kg/t, respectively, more due to increase seed yield of potash fertilizer.

Increasing doses of nitrogen from 120 to 150 kg/ha increased the percentage removal of an element with 37,6 to 38,6 kg/t (1 kg/t).

*Поступила 8 октября 2010 г.*

УДК 631.84:633.1:631.445.2

## **БАЛАНС АЗОТА УДОБРЕНИЙ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ ПОД ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ\***

**Н.Н. Цыбулько<sup>1</sup>, Д.В. Киселева<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Департамент по ликвидации последствий катастрофы  
на Чернобыльской АЭС МЧС, г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова,  
г. Могилев, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема оптимизации круговорота азота в земледелии остается актуальной, несмотря на значительные результаты, достигнутые в этой области агрохимии. Интенсивность поглощения и включения азота в продукционный процесс определяется совокупностью процессов трансформации его в почве, биологическими особенностями сельскохозяйственных культур и физиологическими процессами, происходящими в растении.

Доля азота почвы в выносе элемента с урожаем обычно выше, чем из удобрений. Коэффициент использования азота удобрений сельскохозяйственными культурами на разных почвах колеблется от 12 до 70% [1, 2].

\*Работа выполнена в рамках проекта №Б06Р-039 Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

К причинам, ограничивающим размеры потребления и коэффициент использования азота удобрений можно отнести: внесение азотных удобрений в дозах, несоответствующих физиологической потребности растений в азоте; высокая растворимость и быстрое превращение в почве выпускаемых форм азотных удобрений, что приводит к потерям и уменьшению запасов потребляемых растениями соединений азота в почве [3].

На хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах в растения поступает больше азота удобрений, чем на слабоокультуренных почвах [4, 5]. При дробном внесении азота под зерновые культуры коэффициент его использования увеличивается на 3-21% по сравнению с разовым применением [6].

Неиспользованный растениями азот удобрений закрепляется в почве, а также теряется из корнеобитаемого слоя почвы.

Потери азота в результате вымывания зависят от гранулометрического состава почвы, дозы удобрений, суммы годовых осадков и характера их распределения по сезонам года. Выщелачивание из корнеобитаемого слоя за вегетационный период составляет 1-4%, в количественном отношении – 0,1-2,0 кг/га. Наибольшие потери азота от вымывания наблюдаются на легких по гранулометрическому составу с низким содержанием органического вещества почвах и могут достигать на пахотных землях 26 кг/га ежегодно. Минеральный азот выщелачивается из почвы в основном в форме нитратов (97-98%) [7, 8].

Газообразные потери азота в результате улетучивания в полевых условиях колеблются по литературным данным от 9 до 50% от внесенной дозы удобрений [9]. Эмиссия азота происходит главным образом в форме аммиака ( $\text{NH}_3$ ), молекулярного азота ( $\text{N}_2$ ) и его окислов ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ). Значительная часть газообразного азота теряется из почвы вследствие денитрификации. Основными факторами, влияющими на интенсивность денитрификации, а, следовательно, и потери молекулярного азота, являются влажность, температура, аэрируемость и кислотность почвы, содержание лабильного органического вещества, структура микробного сообщества, количество и формы минерального азота [10-12].

Часть внесенного с удобрениями азота закрепляется в почвенном профиле в труднодоступные для растений формы. Закрепление минеральных соединений азота происходит в результате фиксации катионов  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NH}_3$  глинистыми минералами из группы гидрослюдов, химического связывания почвенным органическим веществом, биологического закрепления аммиачного и нитратного азота – иммобилизации [13]. Азотфиксирующая способность почв возрастает с увеличением показателя рН и содержания органического вещества [14]. В среднем 20-30% (от 7 до 60%) внесенного азота закрепляется в органическом веществе почвы и практически не используется в первый год. Преобладающее значение в закреплении минерального подвижного азота принадлежит биологической иммобилизации. Это обусловлено потреблением азота почвенными микроорганизмами и использованием для синтеза белковых веществ их тел. После отмирания микроорганизмов в процессе разложения и гумификации микробного белка часть связанного в нем азота включается в состав новообразующихся гумусовых веществ [15].

Цель исследований – изучить влияние доз и сроков внесения азотных удобрений, меченных стабильным изотопом  $^{15}\text{N}$ , на азотное питание растений, цикл и баланс азота удобрений в системе почва-растение на дерново-подзолистой супесчаной почве.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2006-2007 годах на полевом опытном стационаре Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии», расположенном на территории землепользования СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая супесчаная на водно-ледниковых супесях. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы:  $pH_{KCl}$  – 5,93; гумус – 2,03%,  $P_2O_5$  – 218 мг/кг почвы,  $K_2O$  – 269 мг/кг почвы.

Содержание общего азота в почве составляло 988 мг/кг почвы, запас потенциально усвояемого азота, включающего азот нитратов, обменного аммония и минерализуемых органических соединений, – 141-150 кг/га, что соответствует среднему содержанию по градации [14]. Около 50% от запаса  $N_{усв.}$  занимали минеральные соединения азота (табл. 1).

Таблица 1

## Содержание и запасы форм азота в пахотном (Ап) слое почвы

Показатель	$N_{общ}$	$N_{усв.}$	$N_{мин}$		
			всего	в том числе	
				N– $NH_4$	N– $NO_3$
Содержание, мг/кг почвы	988	**45-47 46	27,3-34,1 30,1	6,2-9,1 8,8	9,4-19,1 14,2
Запас в пахотном (0-25 см) слое, кг/га	3087	141-150 145	48,7-88,1 71,9	19,3-28,4 27,5	29,4-59,7 44,4

Примечание:  $N_{общ}$  – общий азот;  $N_{усв.}$  – потенциально усвояемый азот;  $N_{мин}$  – минеральные соединения азота; N –  $NH_4$  – аммонийный азот; N–  $NO_3$  – нитратный азот;

\*\* – над чертой – колебания по годам, под чертой – среднее значение.

Микрополевой опыт проводился в полевых условиях. Микроделянки опыта площадью 1 м<sup>2</sup> изолировали между собой на глубину почвы 0-40 см. Размер учетных микроделянок 0,25 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов в опыте четырехкратная.

В опыте возделывали яровой ячмень сорта Тюрингия (2006 г.) и озимую рожь сорта Игуменская (2007 г.). Схема опыта включала варианты с разными дозами и сроками внесения азотных удобрений: 1.  $P_6K_{12}$  – фон; 2. Фон +  $N_6$ ; 3. Фон +  $N_9$ ; 4. Фон +  $N_6$  +  $N_3^{//}$ ; 5. Фон +  $N_9$  +  $N_3^{//}$ . Сроки внесения азотных удобрений следующие: N – до посева ячменя и при возобновлении весенней вегетации озимой ржи;  $N^{//}$  – начало фазы выхода в трубку. Дозы удобрений приведены из расчета грамм на 1 м<sup>2</sup>. Степень обогащения азота <sup>15</sup>N составляла 25-26 ат.%. Азотные удобрения в форме карбамида вносили в виде водного раствора согласно схеме опыта. Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные (калий хлористый) удобрения вносили перед посевом культур.

Почвенные образцы отбирали до посева и после уборки культур, растительные образцы – в начале фазы выхода в трубку растений перед азотной подкормкой (надземную биомассу) и в период полного созревания (зерно и солома).

В пахотном горизонте почвы определяли: обменную кислотность ( $pH_{KCl}$ ) – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85); гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91);  $N_{общ}$  – по Кьельдалю-Иодльбауеру

(ГОСТ 26107-84);  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91). Анализ растительных образцов на содержание общего азота проводили после их мокрого озоления по методу ЦИНАО [16]. Изотопный состав азота определяли на масс-спектрометре «Thermo Finnigan MAT Delta plus Advantage».

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного и регрессионного анализа с использованием компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistica 7.0).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании данных формирования надземной биомассы культур и содержания общего азота в биомассе определены параметры потребления азота почвы и азота удобрений растениями ячменя и озимой ржи.

Установлено, что интенсивность потребления и включения азота в продукционный процесс определяется почвенными условиями, биологическими особенностями зерновых культур, дозами и сроками применения азотных удобрений. Полученные данные также свидетельствуют о преимущественном значении почвенного азота в питании растений.

Величина потребления растениями ячменя общего азота в фазу выхода в трубку изменялась от 8,51 до 12,56 г/м<sup>2</sup>. В варианте, где применяли перед посевом 6 г/м<sup>2</sup> (60 кг/га) азота на долю азотных удобрений в общем выносе приходилось 15%, а при дозе 9 г/м<sup>2</sup> (90 кг/га) незначительно больше – 16,4% (табл. 2).

Таблица 2

### Потребление азота почвы и удобрений ячменем в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений

Вариант	Поглощено азота, г/м <sup>2</sup>			N <sub>уд</sub> , % от общего выноса
	Всего	в том числе		
		почвы	удобрений	
Фаза выхода в трубку растений				
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	8,51	8,51	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	11,35	9,65	1,70	15,0
3. Фон + N <sub>9</sub>	12,56	10,50	2,06	16,4
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	11,35	9,65	1,70	15,0
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	12,56	10,50	2,06	16,4
Фаза полного созревания				
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	10,01	10,01	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	14,06	11,85	2,21	15,7
3. Фон + N <sub>9</sub>	19,58	16,92	2,66	13,6
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	21,77	18,36	3,41	15,7
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	22,75	18,94	3,81	16,7
НСП <sub>05</sub>	1,08	-	-	-

При содержании общего азота в зерне ячменя в среднем 1,96-2,75% и в соломе – 0,69-0,92% вынос общего азота с урожаем основной и побочной продукции ячменя колебался в зависимости от уровней азотного питания от 10,01 до 22,80 г/м<sup>2</sup>. При внесении азотных удобрений величина потребления азота возросла

по отношению к фосфорно-калийному фону в 1,4-2,3 раза. Наибольший вынос азота (22,80 г/м<sup>2</sup>) отмечен при внесении N<sub>12</sub> в два приема (N<sub>9</sub> – до посева + N<sub>3</sub> – в фазу выхода в трубку). Дробное применение N<sub>9</sub> (вариант 4) существенно увеличило потребление азота по отношению к варианту с однократным применением той же дозы удобрений.

Анализ данных показывает, что 76-77% поглощенного азота удобрений (варианты 2 и 3) растения потребили в период всходы – фаза выхода в трубку.

В целом в формировании урожая основной и побочной продукции ячменя удельный вес азота удобрений составил в среднем 14-17%, почвенного азота – 83-86%. Наиболее низкое относительное участие (около 14%) азота удобрений отмечено в варианте с однократным применением перед посевом N<sub>9</sub>. Увеличение уровня азотного питания до N<sub>12</sub> способствовало повышению доли азота удобрений в общем выносе до 17%.

На озимой ржи влияние доз применения азотных удобрений на параметры потребления азота растениями было таким же, как и на ячмене. Величина поглощения озимой рожью азота в фазу выхода в трубку изменялась от 6,02 до 12,26 г/м<sup>2</sup>. В варианте с ранневесенней подкормкой N<sub>6</sub> (60 кг/га) азот удобрений в общем выносе составил 18,8%. При повышении дозы до N<sub>9</sub> (90 кг/га) доля его увеличилась до 20,9% (табл. 3).

Таблица 3

**Потребление азота почвы и удобрений озимой рожью в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений**

Вариант	Поглощено азота, г/м <sup>2</sup>			N <sub>уд</sub> , % от общего выноса
	Всего	в том числе		
		почвы	удобрений	
Фаза выхода в трубку растений				
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	6,02	6,02	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	10,96	8,90	2,06	18,8
3. Фон + N <sub>9</sub>	12,26	9,70	2,56	20,9
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	11,34	9,34	2,00	17,6
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	12,26	9,70	2,56	20,9
Фаза полного созревания				
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	10,36	10,36	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	15,91	13,47	2,44	15,3
3. Фон + N <sub>9</sub>	17,10	14,46	2,64	15,4
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	17,91	14,78	3,13	17,5
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	20,12	16,38	3,74	18,6
НСР <sub>05</sub>	1,38	-	-	-

Содержание общего азота в зерне озимой ржи колебалось от 1,74 до 2,31%, в соломе – от 0,68 до 0,99%. С урожаем основной и побочной продукции озимой ржи вынос азота колебался от 10,36 (на фоне P<sub>6</sub>K<sub>12</sub>) до 20,12 г/м<sup>2</sup> (в варианте P<sub>6</sub>K<sub>12</sub>N<sub>9</sub>+N<sub>3</sub><sup>//</sup>). За счет азотных удобрений величина потребления азота увеличилась по отношению к фосфорно-калийному фону в 1,5-1,9 раза. Наиболее высокий вынос азота (20,12 г/м<sup>2</sup>) отмечен при внесении N<sub>12</sub> в два приема (N<sub>9</sub> – в ранневесеннюю подкормку + N<sub>3</sub> – в фазу выхода в трубку). Дробное применение N<sub>9</sub> увеличило потребление азота удобрений по отношению к варианту с однократным применением той же дозы.

Применение в ранневесеннюю подкормку озимой ржи (фаза кущения) 6-9 г/м<sup>2</sup> азота удобрений показало, что из потребленного растениями азота удобрений на 84-97% он используется в начальный период вегетации – от фазы кущения до выхода в трубку (включительно).

В формировании урожая основной и побочной продукции озимой ржи удельный вес азота удобрений составил в зависимости от доз и сроков его внесения в среднем 15-19%, почвенного азота – 81-85%.

Азотные удобрения после внесения в почву сразу же претерпевают ряд изменений и вовлекаются в биологический круговорот. Азот аммонийных удобрений вступает в обменные реакции почвенно-поглощающего комплекса, а затем в процессе метаболизма нитрификаторов переводится в нитратную форму. Амидный азот мочевины также под влиянием фермента уреазы превращается в углекислый аммоний, который в последующем нитрифицируется до N-NO<sub>3</sub> азот нитратных удобрений, как и нитраты, образованные из других форм азотных удобрений, хорошо растворимы в почвенном растворе и легко передвигаются капиллярной и гравитационной влагой [18].

Изучен баланс азота (<sup>15</sup>N) удобрений в зависимости от доз и сроков применения азотных удобрений. Размеры закрепления азота удобрений определяли в результате прямого учета содержания его в почве после уборки растений. Величину общих потерь азота мочевины устанавливали на основе принципа баланса по формуле:

$$N_{п} = N_{уд} - (N_{ир} + N_{з})$$

где  $N_{п}$  – потери азота удобрений, г/м<sup>2</sup>;  $N_{уд}$  – доза азотных удобрений, г/м<sup>2</sup> действующего вещества;  $N_{ир}$  – азот, использованный растениями, г/м<sup>2</sup>;  $N_{з}$  – азот, закрепленный в почве, г/м<sup>2</sup>.

Исследования показали, что от 21 до 40% внесенного азота закрепляется в слое почвы 0-40 см и не используется в первый год. Этот азот может принимать участие в минеральном питании последующих культур. Установлено также, что наиболее высокая доля закрепления азота удобрений почвой отмечается в вариантах с однократным применением N<sub>6</sub> перед посевом ячменя и в ранневесеннюю подкормку озимой ржи, которая составила 40,3 и 35,8%, соответственно. В то же время абсолютные значения закрепленного азота в этих вариантах наименьшие (табл. 4).

При внесении одинаковой дозы азота (9,0 г/м<sup>2</sup>) в один прием по сравнению с дробным, закрепление в почве минерального азота происходит несколько интенсивней. Так, если в вариантах 2 (N<sub>9</sub> до посева ячменя и в ранневесеннюю подкормку озимой ржи) в слое почвы 0-40 см иммобилизовалось под ячменем 30,7% и под озимой рожью 27,2% азота удобрений, то при дробном внесении удобрений (N<sub>6</sub> – до посева ячменя и ранневесеннюю подкормку озимой ржи + N<sub>3</sub> – в фазу выхода в трубку) относительная величина закрепленного в почве азота составила 28,4 и 26,8%, соответственно.

С повышением дозы азотных удобрений до 12 г/м<sup>2</sup> относительное закрепление азота снижалось, однако абсолютные размеры иммобилизации возрастали.

Весьма актуальным и дискуссионным является вопрос о миграции азота удобрений в пределах почвенного профиля. В опытах установлено, что основ-

ное количество меченого азота остается в верхней части почвы. К пахотному слою 0-20 см приурочено 65-72% закрепленного в слое 0-40 см азота удобрений, а на глубину 20-40 см проникает 28-35%. По литературным данным [17], в пахотном горизонте может фиксироваться 68-84% всего закрепленного азота минеральных удобрений.

Таблица 4

**Закрепление азота удобрений в почвенном профиле в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений**

Вариант	Всего закрепилось		В том числе			
	г/м <sup>2</sup>	% от внесенной дозы	в слое 0-20 см		в слое 20-40 см	
			г/м <sup>2</sup>	% от закрепленного	г/м <sup>2</sup>	% от закрепленного
Ячмень						
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	-	-	-	-	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	2,42	40,3	1,68	69,4	0,74	30,6
3. Фон + N <sub>9</sub>	2,76	30,7	1,81	65,6	0,95	34,4
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	2,56	28,4	1,83	71,5	0,73	28,5
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	2,98	24,8	2,04	68,5	0,94	31,5
Озимая рожь						
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	-	-	-	-	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	2,15	35,8	1,45	67,4	0,70	32,6
3. Фон + N <sub>9</sub>	2,45	27,2	1,58	64,5	0,87	35,5
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	2,41	26,8	1,69	70,1	0,72	29,9
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	2,55	21,3	1,70	66,7	0,85	33,3

Результаты оценки баланса азота удобрений показали, что чем выше величина потребления азота удобрений, тем меньше их относительные потери. Так как разные дозы и сроки применения удобрений оказали влияние на использование внесенного азота, то данные факторы воздействовали и на общую структуру баланса азота минеральных удобрений.

На ячмене в варианте с применением перед посевом N<sub>6</sub> (из расчета 60 кг/га) относительная величина потребления азота растениями составила 37%, закрепилось в почве – 40%, суммарные потери в результате улетучивания и выщелачивания в более глубокие горизонты почвы – 23% от внесенной дозы. При повышении внесения азотных удобрений до 9 г/м<sup>2</sup> (из расчета 90 кг/га) наблюдалось снижение относительного использования азота на 7%, закрепления в почве – на 9%, увеличение потерь – на 16% (табл. 5).

Дробное применение N<sub>9</sub> (N<sub>6</sub> – до посева + N<sub>3</sub> – в фазу выхода в трубку) по сравнению с однократным внесением такой же дозы способствовало повышению величины относительного потребления азота растениями на 8%, снижению иммобилизации в почве – на 3% и суммарных потерь – на 5%.

Следует также отметить, что дробное применение азотных удобрений способствовало снижению миграции их по почвенному профилю (табл. 5). Так, если в варианте с однократным внесением N<sub>9</sub> в слое почвы 0-20 см закрепилось 66%, в слое 20-40 см – 34% азота удобрений, то при дробном соответственно 72 и 28%.

**Баланс азота удобрений в системе почва-растение в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений**

Вариант	Поглощено растениями		Закрепилось в почве		Потери	
	г/м <sup>2</sup>	% от внесенной дозы	г/м <sup>2</sup>	% от внесенной дозы	г/м <sup>2</sup>	% от внесенной дозы
<b>Ячмень</b>						
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	-	-	-	-	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	2,21	37	2,42	40	1,37	23
3. Фон + N <sub>9</sub>	2,66	30	2,76	31	3,58	39
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	3,41	38	2,56	28	3,03	34
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	3,81	32	2,98	25	5,21	43
<b>Озимая рожь</b>						
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	-	-	-	-	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	2,44	41	2,15	36	1,41	23
3. Фон + N <sub>9</sub>	2,64	29	2,45	27	3,91	44
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	3,13	35	2,41	27	3,46	38
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	3,74	31	2,55	21	5,71	48

С повышением дозы азотных удобрений до 12 г/м<sup>2</sup> (из расчета 120 кг/га) снижалось относительное потребление азота растениями и увеличивались его потери. Так, в варианте опыта с дробным применением под ячмень N<sub>12</sub> по отношению к варианту с дробным внесением N<sub>9</sub> относительное использование азота снизилось на 6%, а потери возросли на 9%, составив 43% от общей дозы азотных удобрений.

На озимой ржи прослеживалась та же тенденция в структуре баланса азота в зависимости от доз и сроков применения азотных удобрений, как и на ячмене. В варианте с внесением в начале весенней вегетации посевов N<sub>6</sub> относительная величина потребления азота растениями была 41%, закрепилось в почве – 36%, суммарные потери в результате улетучивания и выщелачивания – 23% от внесенной дозы. При увеличении дозы ранневесенней азотной подкормки до 9 г/м<sup>2</sup> (из расчета 90 кг/га) относительное использование азота снизилось до 29% (на 12%), а потери возросли до 44% (на 21% по отношению к N<sub>6</sub>).

Дробное применение под озимую рожь N<sub>9</sub> (N<sub>6</sub> – в ранневесеннюю подкормку + N<sub>3</sub> – в фазу выхода в трубку) по сравнению с однократным внесением такой же дозы в начале возобновления весенней вегетации посевов способствовало повышению величины относительного потребления азота растениями на 6% и снижению потерь на 6%.

Дробное применение азота также способствовало снижению миграции элемента вглубь почвенного профиля. В варианте с однократным внесением N<sub>9</sub> в слое почвы 0-20 см закрепилось 65%, в слое 20-40 см – 35% азота удобрений, то при дробном – 70 и 30% соответственно.

Максимальные потери внесенного азота (48%) наблюдались в варианте с применением повышенной дозы (N<sub>12</sub>) азотных удобрений.

За годы исследований урожайность культур в зависимости от уровней применения азотных удобрений составила: ячмень 359-590 г/м<sup>2</sup> (35,9-59,0 ц/га),



озимая рожь – 371-617 г/м<sup>2</sup> (37,1-61,7 ц/га). На фоне РК сформирована урожайность у ячменя и озимой ржи 359 и 371 г/м<sup>2</sup> соответственно (табл. 6).

Азотные удобрения повышали урожайность культур по отношению к фону в 1,2-1,7 раза. За счет вносимого азота формировалось дополнительно от 79 до 246 г/м<sup>2</sup> зерна (7,9 до 24,6 ц/га).

Применение N<sub>6</sub> перед посевом ячменя и в ранневесеннюю подкормку озимой ржи обеспечило увеличение урожайности этих культур по отношению к контролю на 79 и 167 г/м<sup>2</sup> соответственно.

При повышении дозы однократного внесения азотных удобрений до 9 г/м<sup>2</sup> (из расчета 90 кг/га) получены достоверные прибавки зерна по отношению к варианту с N<sub>6</sub> – на ячмене 133 г/м<sup>2</sup>, на озимой ржи – 33 г/м<sup>2</sup>.

Таблица 6

**Эффективность азотных удобрений в зависимости от доз и сроков их внесения**

Вариант	Ячмень		Озимая рожь	
	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>	Прибавка зерна к РК, г/м <sup>2</sup>	Урожайность зерна, г/м <sup>2</sup>	Прибавка зерна к РК, г/м <sup>2</sup>
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	359	-	371	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	438	79	538	167
3. Фон + N <sub>9</sub>	571	212	571	200
4. Фон + N <sub>6</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	583	224	579	208
5. Фон + N <sub>9</sub> + N <sub>3</sub> <sup>//</sup>	590	231	617	246
HCP <sub>05</sub>	30	-	16	-

В отношении действия дробного применения азота удобрений можно отметить следующее. Как на ячмене, так и на озимой ржи, внесение N<sub>9</sub> в два приема (вариант 4) не обеспечило существенного увеличения урожайности по отношению к варианту с однократным применением этой же дозы.

Максимальная урожайность возделываемых культур сформирован в варианте с дробным внесением 12 г/м<sup>2</sup> азотных удобрений (из расчета 120 кг/га), который составил для ячменя 590 г/м<sup>2</sup>, для озимой ржи – 617 г/м<sup>2</sup>. В то же время достоверная прибавка урожайности зерна в этом варианте по отношению к дробному применению N<sub>9</sub> получена только на озимой ржи. На ячмене различия были незначительными.

**ВЫВОДЫ**

1. На дерново-подзолистой супесчаной почве в азотном питании зерновых культур преобладает азот почвенных запасов. Урожайность ячменя и озимой ржи на 80-86% формируется за счет почвенного азота и на 14-20% за счет азота удобрений.

2. Коэффициенты использования азота удобрений колеблются в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений от 29 до 41%. Дробное применение азотных удобрений (N<sub>6+3</sub>) по сравнению с однократным (N<sub>9</sub>) способствует

повышению коэффициента использования азота на 6-8%. При увеличении доз внесения азота до  $N_{12}$  величины потребления его растениями возрастают, однако коэффициенты использования снижаются.

3. В почвенном профиле закрепляется от 21 до 40% азота удобрений, неиспользуемого растениями в первый год. С повышением доз удобрений абсолютные размеры закрепления азота возрастают, относительные снижаются. Основное количество (65-72%) закрепленного в почве азота концентрируется в пахотном (0-20 см) слое. Дробное внесение азотных удобрений по сравнению с однократным способствует снижению миграции азота в подпахотные горизонты.

4. Потери азота в результате вымывания и денитрификации составляют в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений от 23 до 47%. Закрепление внесенного азота способствует снижению его потерь. По мере повышения доз азотных удобрений увеличиваются абсолютные и относительные потери азота. При дробном применении наблюдается снижение их на 5-6%.

5. Наиболее оптимальные условия азотного питания зерновых культур, высокий урожай зерна (579-583 г/м<sup>2</sup>), коэффициент использования азота (35-38%) обеспечиваются при дробном внесении 9 г/м<sup>2</sup> азота удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов, П.М. Вопросы агрохимии азота / П.М. Смирнов. – М.: ТСХА, 1982. – 72 с.
2. Кореньков, Д.А. Успехи перспективного использования стабильных изотопов в агрохимии / Д.А. Кореньков, Н.И. Борисова // Вестник с.- х. науки. – 1980. – №9. – С.22-27.
3. Соколов, О.А. Теория и практика рационального применения азотных удобрений / О.А. Соколов, В.М. Семенов. – М.: Наука, 1992. – 207 с.
4. Ефимов, В.Н. Использование азота почвы и удобрений растениями ячменя на дерново-подзолистых супесчаных почвах разной степени окультуренности / В.Н. Ефимов, А.И. Осипов, Е.Ф. Чеснокова // Агрохимия. – 1985. – №7. – С. 3-7.
5. Семенов, Н.Н. Влияние уровня плодородия дерново-подзолистых песчаных почв на использование азота почвы и удобрений ячменем / Н.Н. Семенов, Л.Ю. Полонская // Применение <sup>15</sup>N в агрохимических исследованиях. – Новосибирск: Наука, 1988. – С. 61-63.
6. Семенов, Н.Н. Азот в земледелии Беларуси / Н.Н. Семенов, Н.В. Невмержицкий. – Минск: Хата, 1997. – 196 с.
7. Безлюдный, Н.Н. Потери азота из дерново-подзолистых почв Белорусской ССР и способы их сокращения / Н.Н. Безлюдный [и др.] // Агрохимия. – 1986. – №11. – С. 3-8.
8. Безлюдный, Н.Н. Потери и баланс основных питательных веществ в зависимости от механического состава почв и форм азотных удобрений / Н.Н. Безлюдный [и др.] // Агрохимия. – 1988. – №7. – С. 11-15.
9. Башкин, В.Н. Агрогеохимия азота / Башкин В.Н. – Пушино: АН СССР, 1987. – 270 с.
10. Степанов, А.Л. Микробная трансформация закиси азота в почвах: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.Л. Степанов. – М: МГУ, 2000. – 49 с.
11. Holtan-Hartwig, L. Low temperature control of soil denitrifying communities: kinetics of N<sub>2</sub>O production and reduction / L. Holtan-Hartwig, P. Dorsch, L.R. Bakken // Soil Biol. and Biochem. – 2002. – V. 34. – P. 1797-1806.

12. Dobbie, K.E. Nitrous oxide emission factors for agricultural soils in Great Britain: the impact of soil water filled pore space and other controlling variables / K.E. Dobbie, K.A. Smith // *Global Change Biol.* – 2003. – V. 9. – P. 204-218.

13. Руделев, Е.В. Минерализация-иммобилизация азота в основных типах почв России и эффективность азотных удобрений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. / Е.В. Руделев. – М., 1992. – 34 с.

14. Семенов, Н.Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н.Н. Семенов. – Мн.: Хата, 2003. – 164 с.

15. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / Под общ. ред. академика РАСХН Н.З. Милащенко. – М., 1993. – 864 с.

16. Методические указания по анализу почв, кормов и удобрений. – М.: ЦИНАО, 1976. – 56 с.

17. Гамзиков, Г.П. Баланс и превращение азота удобрений / Г.П. Гамзиков, Г.И. Кострик, В.Н. Емельянова. – Новосибирск: Наука, 1985. – 161 с.

18. Семенов, В.М. Слагаемые эффективности азотных удобрений в системе почва-растение и критерии их количественной оценки / В.М. Семенов // *Агрохимия.* – 1999. – № 5. – С. 25-32.

## BALANCE OF NITROGEN OF FERTILIZERS OF SYSTEM SOIL-PLANT UNDER GRAIN CROPS ON SOD-PODZOLIC SANDY SOIL

N.N. Tsybul'ko, D.V. Kiseleva

### Summary

On sod-podsolic sandy soil the structure of balance of nitrogen in system soil-plant depending on doses and terms of entering of nitric fertilizers is studied. It is established, that in a nitric nutrition of plants soil nitrogen prevails. Efficiency of barley and winter rye on 80-85% is formed at the expense of soil nitrogen and on 15-20% at the expense of nitrogen of fertilizers. In grain 68-72% of all nitrogen of fertilizers absorbed by plants concentrate.

Operating ratios of nitrogen of fertilizers fluctuate depending on doses and terms of entering of nitric fertilizers from 30 to 38%. Fractional application of nitrogen promotes increase of factor of its use on 5-8%. At increase in doses of fertilizers the size of consumption of nitrogen plants increases, however operating ratios decrease.

In a soil profile it is fixed from 21 to 40% of nitrogen of fertilizers. With increase of doses of fertilizers the absolute sizes of fastening of nitrogen increase, relative decrease. The basic quantity (65-72%) of nitrogen fixed in soil concentrates in arable (0-20 cm) layer. Fractional entering of nitric fertilizers promotes decrease in migration of nitrogen in underarable horizons.

Losses of nitrogen as a result of washing away and denitrification make depending on doses and terms of its entering from 23 to 47%. High speed immobilization and nitrogen fixings promote decrease in its losses. Increase of doses of nitric fertilizers leads to increase in absolute and relative losses of nitrogen, fractional application – to their decrease on 5-6%.

*Поступила 13 октября 2010 г.*

## МОБИЛИЗАЦИЯ АЗОТА ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПОСТУПЛЕНИЕ $^{137}\text{CS}$ В РАСТЕНИЯ

Н.Н. Цыбулько<sup>1</sup>, Д.В. Киселева<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Департамент по ликвидации последствий катастрофы  
на Чернобыльской АЭС МЧС, г. Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Могилевский государственный университет им. А.А. Кулешова,  
г. Могилев, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Азотные удобрения, повышая продуктивность сельскохозяйственных культур, прямо или косвенно воздействуют на количественные и качественные параметры внутрипочвенного цикла азота, нарушая установившиеся процессы формирования и саморегуляции пула почвенного азота.

В многочисленных опытах с использованием меченых  $^{15}\text{N}$  соединений установлен феномен так называемого «экстра»-азота. При внесении азотных удобрений наблюдается большее по отношению к удобренным вариантам потребление растениями почвенного азота [1, 2], который в отечественной литературе получил название «экстра»-азот. Западные ученые называют его «затравочный эффект» – priming effect [3, 4] или «добавочный азот взаимодействия» – added nitrogen interaction [5].

Образующийся «экстра»-азот участвует во всех внутрипочвенных превращениях, используется растениями одновременно с азотом удобрения, вымывается из почвы и аккумулируется в виде нитратов в урожае [6-8].

Существуют разные теории образования «экстра»-азота, однако природа его до конца не раскрыта. Теория «ризосферного эффекта» объясняет появление его снижением конкуренции между растениями и ризосферными микроорганизмами за поглощение азота почвы под влиянием азотных удобрений. Высказывались предположения об обмене обогащенного  $^{15}\text{N}$  аммония на аммоний почвенного раствора, обменный и фиксированный аммоний почвы, о передаче протона от иона  $\text{NH}_4^+$  к аминогруппе, которая, получая протон, способна образовывать  $\text{NH}_3$ -радикал и дальше ион  $\text{NH}_4^+$  [9].

Утвердилась точка зрения об усилении минерализации почвенного азота под действием азотных удобрений [8, 10, 11]. В то же время в ряде экспериментов внесение азотного удобрения не влияло на минерализацию органического вещества или даже замедляло его биологическое разложение, что подтверждается соответствующей динамикой образования  $\text{C-CO}_2$  [12-14].

Получила развитие гипотеза, согласно которой появление «экстра»-азота связано не с усилением минерализации почвенного органического вещества, а с процессами замещения азота почвы на азот удобрения в его внутрипочвенных превращениях. В результате вместо минерализовавшегося азота иммобилизуется, денитрифицируется, потребляется растениями азот удобрений, а некоторая часть почвенного азота остается неизрасходованной в виде «экстра»-азота [15, 16].

На единицу азота удобрений может мобилизоваться дополнительно до 1,2 единицы почвенного азота. Величина «экстра»-азота в растениях часто тесно коррелирует с получаемой от азотных удобрений прибавкой урожая, аккумуляция в профиле почвы нитратов обусловлена дополнительной мобилизацией почвенного азота, а избыток нитратов в урожае объясняется преобладанием азота почвы в составе нитратного фонда растений [17].

Еще в 50-70-е годы прошлого столетия была установлена зависимость накопления радионуклидов в растениях от режима азотного питания. Причины и механизмы воздействия азотных удобрений на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения до конца не изучены. Усиление поглощения  $^{137}\text{Cs}$  при внесении азотных удобрений объясняется увеличением количества подвижного радионуклида в почве под влиянием гидратированных ионов аммония, имеющих с радиоцезием сходный по величине ионный радиус, и способных вытеснить его из мест сорбции в почвенный раствор [18]. Установлено, что  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{K}^+$  десорбируют  $^{137}\text{Cs}$  как с поверхности почвенных частиц, так и с поверхности корней [19], но при этом при применении калия содержание радионуклидов цезия в растениях многократно уменьшается [20], а при применении азотных удобрений – увеличивается.

В работе [21] отмечено, что прочную связь между  $^{137}\text{Cs}^+$  и илистыми частицами почвы может разрушить избыток ионов  $\text{NH}_4^+$ . Избыток  $\text{NH}_4^+$  в почве, с одной стороны, приводит к разбавлению  $^{137}\text{Cs}^+$ , что снижает поглощение, а с другой – может привести к десорбции уже связанного  $^{137}\text{Cs}^+$ , что увеличивает поглощение.

Внесение нитратной формы азота также усиливает поглощение  $^{137}\text{Cs}$  растениями, хотя и в меньшей степени (в среднем в 2 раза), чем азот в аммиачной форме [22]. Этот факт плохо согласуется с известной закономерностью, состоящей в стимуляции притока в растения калия и других катионов (в том числе и  $^{137}\text{Cs}$ ) на фоне  $\text{NO}_3^-$ .

Существует также предположение, согласно которому увеличение поступления  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения может происходить в результате сдвига в соотношениях элементов в почвенном растворе при внесении азотных удобрений [23]. Однако, до сих пор это утверждение не было подтверждено или опровергнуто в опубликованных исследованиях. Из результатов некоторых авторов можно увидеть, что азотные удобрения обладают мобилизующим действием на  $^{137}\text{Cs}$  почвы [24], однако механизмы такой мобилизации ими не обсуждаются.

Цель настоящей работы – изучить влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на количественные параметры образования «экстра»-азота и установить их взаимосвязь с аккумуляцией  $^{137}\text{Cs}$  в растениях на дерново-подзолистой супесчаной почве.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2006-2007 годах на полевом опытном стационаре Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии», расположенном на территории землепользования СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая супесчаная на водно-ледниковых супесях. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,93$ ; гумус – 2,03%,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 218$  мг/кг почвы,  $\text{K}_2\text{O} - 269$  мг/кг почвы,  $\text{N}_{\text{общ}} - 988$  мг/кг почвы,  $\text{N}_{\text{усв}} - 46,0$  мг/кг почвы,  $\text{N}_{\text{мин}} - 30,1$  мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs} - 554$  кБк/м<sup>2</sup>.

Микрополевой опыт проводился в полевых условиях. Микроделянки опыта площадью 1 м<sup>2</sup> изолировались между собой на глубину почвы 0–40 см. Размер учетных микроделянок 0,25 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов в опыте четырехкратная.

В опыте возделывали яровой ячмень сорта Тюрингия (2006 г.) и озимую рожь сорта Игуменская (2007 г.). Схема опыта включала варианты с разными дозами и сроками внесения азотных удобрений: 1. P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> – фон; 2. Фон + N<sub>6</sub>; 3. Фон + N<sub>9</sub>; 4. Фон + N<sub>6</sub> + N<sub>3</sub><sup>//</sup>; 5. Фон + N<sub>9</sub> + N<sub>3</sub><sup>//</sup>. Сроки внесения азотных удобрений следующие: N – до посева ячменя и при возобновлении весенней вегетации озимой ржи; N<sup>//</sup> – начало фазы выхода в трубку. Дозы удобрений приведены из расчета грамм на 1 м<sup>2</sup>. Степень обогащения азота <sup>15</sup>N составляла 25–26 ат.%. Азотные удобрения в форме карбамида вносили в виде водного раствора согласно схеме опыта. Фосфорные (суперфосфат аммонизированный) и калийные (калий хлористый) удобрения вносили перед посевом культур.

Почвенные образцы отбирали до посева и после уборки культур, растительные образцы – в начале фазы выхода в трубку растений перед азотной подкормкой (надземную биомассу) и в период полного созревания (зерно и солома).

В пахотном горизонте почвы определяли: обменную кислотность (рН<sub>KCl</sub>) – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85); гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91); N<sub>общ</sub> – по Къельдалю-Иодльбауеру (ГОСТ 26107–84); P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91). Анализ растительных образцов на содержание общего азота проводили после их мокрого озоления по методу ЦИНАО [25]. Удельную активность <sup>137</sup>Cs в растительных образцах определяли на γ-спектрометрических комплексах «Tennelec», «Canberra» и «Oxford» по методике [26]. Изотопный состав азота определяли на масс-спектрометре «Thermo Finnigan MAT Delta plus Advantage». «Экстра»-азот вычисляли по разнице выноса растениями азота почвы на NPK и PK вариантах:

$$\text{«экстра»-азот} = ({}^{14}\text{N в растениях})_{\text{NPK}} - ({}^{14}\text{N в растениях})_{\text{PK}}$$

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного и регрессионного анализа с использованием компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistica 7.0).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что внесение азотных удобрений приводило к появлению «экстра»-азота и дополнительному накоплению почвенного азота в растениях уже в первые фазы роста и развития растений. При внесении перед посевом ячменя N<sub>6</sub> и N<sub>9</sub> в фазу выхода в трубку величина потребления азота растениями на удобренных вариантах увеличилась по отношению к фоновому варианту соответственно на 13 и 23%. На единицу внесенного азота дополнительно мобилизовалось под ячменем 0,1–0,22 ед. азота почвы (табл. 1).

При возделывании озимой ржи азотные удобрения более существенно усиливали образование «экстра»-азота. Применение в ранневесеннюю подкормку 6 и 9 г/м<sup>2</sup> д.в. азотных удобрений (из расчета 60 и 90 кг/га) привело к повышению выноса почвенного азота по сравнению с вариантом P<sub>6</sub>K<sub>12</sub> на 48 и 61% соответственно. На единицу азота удобрений дополнительно мобилизовалось 0,4–0,48 единицы азота почвы.

В фазу полного созревания ячменя дополнительный вынос азота почвы с основной и побочной продукцией в варианте с применением перед посевом  $N_6$  составил  $1,84 \text{ г/м}^2$ , или 18% к фону  $P_6K_{12}$  (табл. 2). Основное внесение дозы  $9 \text{ г/м}^2$  азота привело к накоплению в растениях «экстра»-азота в количестве  $6,91 \text{ г/м}^2$  (69% от общего выноса на фоне  $P_6K_{12}$ ).

Таблица 1

**Дополнительное потребление азота почвы («экстра»-азота) растениями ячменя и озимой ржи в фазу выхода в трубку в зависимости от доз азотных удобрений**

Вариант	Поглощено азота, $\text{г/м}^2$		«Экстра»-азот		
	всего	в т.ч. из почвы	$\text{г/м}^2$	% к РК	единиц на единицу $N_{уд}$
<b>Ячмень</b>					
1. $P_6K_{12}$ – фон	8,51	8,51	-	-	-
2. Фон + $N_6$	11,35	9,65	1,14	13	0,19
3. Фон + $N_9$	12,56	10,50	1,99	23	0,22
4. Фон + $N_6+N_3^{//}$	11,35	9,65	1,14	13	0,19
5. Фон + $N_9+N_3^{//}$	12,56	10,50	1,99	23	0,22
$HCP_{05}$	0,79	-	-	-	-
<b>Озимая рожь</b>					
1. $P_6K_{12}$ – фон	6,02	6,02	-	-	-
2. Фон + $N_6$	11,34	8,90	2,88	48	0,48
3. Фон + $N_9$	12,26	9,70	3,68	61	0,41
4. Фон + $N_6+N_3^{//}$	11,34	8,90	2,88	48	0,48
5. Фон + $N_9+N_3^{//}$	12,26	9,70	3,68	61	0,41
$HCP_{05}$	0,86	-	-	-	-

Дробное внесение  $N_9$  ( $N_6$  – до посева +  $N_3^{//}$  – в начале фазы выхода в трубку) по сравнению с однократным способствовало повышению накопления «добавочного азота». С увеличением дозы азота до  $12 \text{ г/м}^2$  абсолютная величина «экстра»-азота возросла до  $8,98 \text{ г/м}^2$  (89% к выносу на фоне  $P_6K_{12}$ ).

Установлено, что на единицу азота удобрений мобилизуется дополнительно 0,31-0,92 единицы азота почвы. Наибольшая величина «экстра»-азота в расчете на единицу внесенного азота была при дробном внесении  $N_9$ .

При возделывании озимой ржи общие размеры дополнительной мобилизации азота почвы были ниже чем под ячменем за исключением варианта с применением в ранневесеннюю подкормку  $N_6$ , где абсолютная величина «экстра»-азота составили  $3,11 \text{ г/м}^2$  (30% к выносу на фоне РК).

Дробное внесение  $N_9$  ( $N_6$  – в начале возобновления весенней вегетации +  $N_3^{//}$  – в начале фазы выхода в трубку) по сравнению с однократным не значительно увеличило накопление «экстра»-азота.

Максимальная величина дополнительно мобилизованного азота была в варианте с дробным внесением  $12 \text{ г/м}^2$ , которая составила  $6,02 \text{ г/м}^2$  (58% к выносу на фоне РК).

**Дополнительное потребление азота почвы («экстра»-азота) растениями  
ячменя и озимой ржи в фазу полного созревания в зависимости  
от доз и сроков внесения азотных удобрений**

Вариант	Поглощено азота, г/м <sup>2</sup>		«Экстра»-азот		
	всего	в т.ч. из почвы	г/м <sup>2</sup>	% к РК	единиц на единицу N <sub>уд</sub>
<b>Ячмень</b>					
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	10,01	10,01	-	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	14,06	11,85	1,84	18	0,31
3. Фон + N <sub>9</sub>	19,58	16,92	6,91	69	0,76
4. Фон + N <sub>6</sub> +N <sub>3</sub> //	21,77	18,36	8,35	83	0,92
5. Фон + N <sub>9</sub> +N <sub>3</sub> //	22,80	18,99	8,98	89	0,75
HCP <sub>05</sub>	1,08	-	-	-	-
<b>Озимая рожь</b>					
1. P <sub>6</sub> K <sub>12</sub> – фон	10,36	10,36	-	-	-
2. Фон + N <sub>6</sub>	15,53	13,47	3,11	30	0,52
3. Фон + N <sub>9</sub>	17,10	14,46	4,10	40	0,45
4. Фон + N <sub>6</sub> +N <sub>3</sub> //	17,91	14,78	4,42	43	0,49
5. Фон + N <sub>9</sub> +N <sub>3</sub> //	20,12	16,38	6,02	58	0,50
HCP <sub>05</sub>	1,38	-	-	-	-

Под озимой рожью на единицу азота удобрений приходилось 0,45-0,52 единицы азота почвы. Наибольшая величина «экстра»-азота в расчете на единицу внесенного азота была при внесении N<sub>6</sub>.

В своих исследованиях мы попытались установить взаимосвязь между величиной дополнительной мобилизации почвенного азота под влиянием азотных удобрений и удельной активностью <sup>137</sup>Cs в растениях возделываемых культур.

Обнаружена тесная положительная связь между концентрацией <sup>137</sup>Cs в зерне и дополнительным накоплением в растениях азота почвы («экстра»-азота), которая описывалась: для ячменя уравнением линейной зависимости  $y = 1,11x + 7,6$ ,  $R^2 = 0,99$ ; для озимой ржи квадратичным уравнением зависимости  $y = 0,1x^2 + 0,32x + 10,25$ ,  $R^2 = 0,91$  (рис. 1 и 2). С увеличением дополнительного потребления азота («экстра»-азота) растениями наблюдалось повышение концентрации в них радиоцезия.

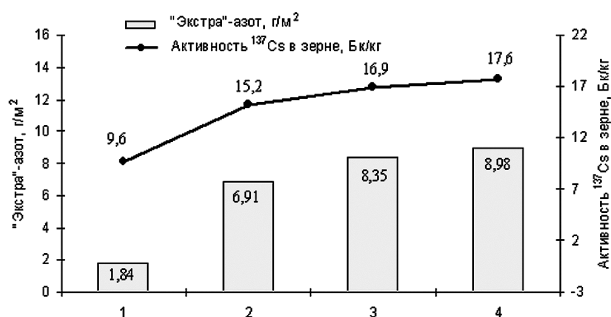


Рис. 1. Зависимость удельной активности <sup>137</sup>Cs в зерне ячменя от величины «экстра»-азота



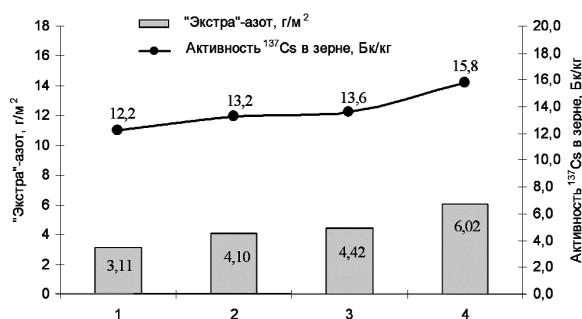


Рис. 2. Зависимость удельной активности <sup>137</sup>Cs в зерне озимой ржи от величины «экстра»-азота

Следовательно, с применением азотных удобрений запасы доступного растениям азота формируются как за счет внесенного азота, так и за счет дополнительно мобилизованного азота почвы. Усиление минерализационных процессов в почве при внесении азотных удобрений способствует более интенсивному поступлению в растения почвенного азота и радиоцезия.

## ВЫВОДЫ

1. Азотные удобрения повышают потребление растениями азота почвы по отношению к фоновому варианту на 30-89% в зависимости от их доз. При дробном внесении N<sub>9</sub> по сравнению с однократным, количество «экстра»-азота в растениях увеличивается на 0,32-1,44 г/м<sup>2</sup>, а при увеличении дозы удобрения до N<sub>12</sub> – на 0,63-1,60 г/м<sup>2</sup>.

2. На единицу азота удобрений мобилизуется 0,31-0,92 единицы почвенного азота. При дробном внесении азотных удобрений и с увеличением их доз значение данного показателя возрастает.

3. Наличие тесной положительной корреляции между концентрацией <sup>137</sup>Cs в зерне и величиной «экстра»-азота указывает на то, что азотные удобрения не только напрямую усиливают миграцию радионуклида в системе почва-растение, но и косвенно – в результате дополнительной мобилизации и потребления растениями почвенного азота. Это необходимо учитывать при оптимизации азотного питания сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами землях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудеяров, В.Н. Размеры дополнительной мобилизации азота почвы при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В.Н. Кудеяров // Агрохимия. – 1988. – №10. – С. 73-81.
2. Семенов, В.М. Слагаемые эффективности азотных удобрений в системе почва-растение и критерии их количественной оценки / В.М. Семенов // Агрохимия. – 1999. – № 5. – С. 25-32.
3. Stewart, B.A. The availability of fertilizer nitrogen immobilized during the decomposition of straw / B.A Stewart, O.D. Johnson, L.K. Porter // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1963. – Vol. 27. – N4. – P. 656-659.

4. Broadbent F.E. Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen // *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* – 1965. – Vol. 29. – N5. – P. 692-695.
5. Jenkinson, D.S., Fox R.H., Rayner J.H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the so-called «priming» effect / Jenkinson D.S., R.H. Fox, J.H. Rayner // *J. Soil Sci.* – 1985. – Vol. 36. – N3. – P. 425-444.
6. Соколов, О.А. Теория и практика рационального применения азотных удобрений / О.А. Соколов, В.М. Семенов. – М.: Наука, 1992. – 207 с.
7. Гамзиков, Г.П. Баланс и превращение азота удобрений / Г.П. Гамзиков, Г.И. Кострик, В.Н. Емельянова. – Новосибирск: Наука, 1985. – 161 с.
8. Кудеяров, В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудеяров. – М.: Наука, 1989. – 215 с.
9. Laura, R.D. On the «Priming effect» of ammonium fertilizer / R.D.Laura // *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* – 1975. – Vol.39. – N2. – P. 385-386.
10. Количественная оценка процессов азотного цикла при внесении возрастающих доз азотных удобрений / В.Н. Кудеяров [и др.] // *Агрохимия.* – 1992. – №2. – С. 3-13.
11. Руделев, Е.В. Дополнительная минерализация азота почвы при внесении азотных удобрений / Е.В. Руделев // *Почвоведение.* – 1989. – №12. – С. 84-91.
12. Fog, K. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter / K. Fog // *Biol. Rev.* – 1988. – V. 63. – P. 433-462.
13. Шарков, И.Н. Азотные удобрения, минерализация и баланс органического вещества в почве / И.Н. Шарков // *Почвенно-агрохимические проблемы интенсификации земледелия Сибири: сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. Сиб. НИИЗХим.* – Новосибирск, 1989. – С. 33-58.
14. Шарков, И.Н. Азотные удобрения и минерализация азотсодержащих соединений почв // *Почвоведение.* – 1992. – №2. – С. 91-103.
15. Семенов, В.М. Образование «экстра»-азота в удобренных почвах и его роль в питании растений / В.М. Семенов // *Агрохимия.* – 1999. – № 8. – С. 5-12.
16. Jansson S.L., Persson J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen // *Nitrogen in agricultural soils / Ed. Stevenson F.J. Amer. Soc. Madison, 1982.* – P. 229-252.
17. Кудеяров, В.Н. Изменение внутрипочвенных потоков азота при внесении азотных удобрений / В.Н. Кудеяров, С.А. Благодатский, Н.А. Ларионова // *Агрохимия.* – 1990. – №1. – С. 47-53.
18. Соколов, О.А. Нитраты в окружающей среде / О.А. Соколов, В.М. Семенов, В.А. Агаев. – Пущино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1990. – 316 с.
19. Алексахин, Р.М. Поведение <sup>137</sup>Cs в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожай / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // *Агрохимия.* – 1992. – №8. – С. 127-138.
20. Handly, R. Effect of various cations upon absorbtion of carrier-free cesium / R. Handly, R. Overstreet // *Plant Physiology.* – 1961. – №36. – P. 66-69.
21. Юдинцева Е.В., Левина Э.М. О роли калия в доступности <sup>137</sup>Cs растениям / Е.В.Юдинцева, Э.М. Левина // *Агрохимия.* – 1982. – №4. – С. 75-81.
22. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиэкология после Чернобыля / Л.Дж. Апплби [и др.]; пер. с англ.; под ред. Ф. Уорнера, Р. Харрисона. – М.: Мир, 1999. – 512 с.

23. Evans, E.J. Effect of nitrogen on caesium-137 in soils and its uptake by oat plants / E.J. Evans, A.J. Dekker // Canadian Journal of Soil Science. 1968. – Vol. 49. – P. 349-355.

24. Моисеев, И.Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность  $^{137}\text{Cs}$  из почвы сельскохозяйственными растениями / И.Т. Моисеев, Л.А. Рерих, Ф.А. Тихомиров // Агрoхимия. – 1986. – №2. – С.89.

25. Моисеев, И.Т. К оценке влияния минеральных удобрений на динамику обменного  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и доступность его овощным культурам / И.Т. Моисеев [и др.] // Агрoхимия. – 1988. – №5. – С.86-92.

26. Методические указания по анализу почв, кормов и удобрений – М.: ЦИНАО, 1976. – 56 с.

## MOBILIZATION OF NITROGEN OF SOIL UNDER THE INFLUENCE OF NITRIC FERTILIZERS AND RECEIPT $^{137}\text{CS}$ IN PLANTS

N.N. Tsybul'ko, D.V. Kiseleva

### Summary

On sod-podzolic sandy soil influence of doses and terms of entering of nitric fertilizers on formation of «added nitrogen interaction» and its interrelation with accumulation  $^{137}\text{Cs}$  in plants is studied. It is established, that nitric fertilizers raise consumption by plants of nitrogen of soil in relation to background on 30-89% depending on their doses. At fractional entering of  $\text{N}_9$  in comparison with unitary, the quantity of «added nitrogen interaction» in plants increases on 0,32-1,44 g/m<sup>2</sup>, and at increase in a dose of fertilizer to  $\text{N}_{12}$  – for 0,63-1,60/m<sup>2</sup>. On unit of nitrogen of fertilizers 0,31-0,92 units of soil nitrogen will be mobilized. At fractional entering of nitric fertilizers and with increase in their doses value of the given indicator increases.

Presence of close positive correlation between concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in grain and size of «added nitrogen interaction» specifies that nitric fertilizers not only directly strengthen migration of  $^{137}\text{Cs}$  in system soil-plant, but also indirectly – as a result of additional mobilization and consumption by plants of soil nitrogen.

*Поступила 14 октября 2010 г.*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ СЕВООБОРОТАХ В УСЛОВИЯХ ГЕТЕРОГЕННОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОЛЕСЬЯ**

**А.С. Шик<sup>1,2</sup>, А.С. Антонюк<sup>1</sup>, В.А. Бачило<sup>1</sup>, А.М.Устинова<sup>3</sup>,  
Н.А.Лихацевич<sup>3</sup>, В.А. Сатишур<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси,  
г. Брест, Беларусь*

*<sup>2</sup>Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина,  
г. Брест, Беларусь*

*<sup>3</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Почвы Беларуси характеризуются большой пестротой по уровню плодородия. Различия наблюдаются по типам почв, гранулометрическому составу, степени увлажнения, эродированности, завалунненности, агрохимическим свойствам и другим показателям.

Особенностью почвенных условий Белорусского Полесья является преобладание легких песчаных и супесчаных почв с неустойчивым водным режимом. В Брестской области песчаные и супесчаные почвы составляют 84% пашни, из которых 65,1% подстилаются песком. Доля мелиорированных торфяных почв составляет 11%.

Севооборот – это одно из основных звеньев системы земледелия, представляющее основу для проведения всех агрономических мероприятий и, в частности, систем обработки почвы и удобрения, мероприятий по борьбе с эрозией почвы, защиты посевов от сорной растительности, болезней и вредителей. Влияние его охватывает все стороны жизни растений и процессы, проходящие в почве. До недавнего времени организация севооборотов в целом осуществлялась в расчете на строгое чередование культур на каждом поле севооборотной площади по заданной схеме. При этом возрастали недоборы продукции из-за почвенно-экологической неоднородности и размещения культур на некоторых полях или части поля на непригодной почве.

В настоящее время принципиальным направлением в организации севооборотов должно быть формирование, по возможности, однородных в почвенно-экологическом отношении полей и рабочих участков, подбор для них культур, соответствующих по пригодности данной почве и осуществление на каждом из них биологически правильного чередования культур во времени. Такое ведение называется почвенно-экологическим севооборотом, требующее новых методических подходов.

В связи со специализацией республики на производстве продуктов животноводства большое значение имеет качество кормовых культур. Одной из острой

ших является проблема кормового белка. Из-за недостатка протеина ежегодно непроизводительно расходуется большое количество кормов. Поэтому оптимизация структуры кормовых культур с учетом протеиновой полноценности корма является важнейшим звеном повышения эффективности сельскохозяйственного производства. В каждом конкретном условиях должен быть определен состав культур, обеспечивающий, наряду с высокой общей продуктивностью, оптимальный сбор переваримого протеина. Существенным резервом в пополнении запасов протеина могут стать промежуточные культуры.

Правильным подбором и чередованием культур в сочетании с внесением удобрений можно регулировать процессы создания и разложения органического вещества в почве, добиваться его бездефицитного баланса.

Эффективность системы земледелия в Полесском регионе в значительной степени зависит от структуры посевных площадей. На песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песком с низкой водообеспеченностью и недостатком продуктивной влаги, рекомендуется возделывание засухоустойчивых культур в сочетании с почвозащитными системами обработки почвы.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы во многом определяется также рациональным применением минеральных удобрений. Их следует вносить с учетом уровня планируемых урожаев, гранулометрического состава и обеспеченности почв элементами питания [1, 2].

Важным резервом снижения себестоимости растениеводческой продукции является интенсификация производства, включающая, наряду с увеличением объемов, повышение окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая, а также экономической эффективности.

Цель исследований – сравнительная оценка влияния различных доз удобрений на производительную способность дефляционноопасных почв и агроэкономическую эффективность применения дифференцированных севооборотов в условиях гетерогенного почвенного покрова западной части Белорусского Полесья.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые и лабораторные исследования в 2006-2010 годах проводились на опытном стационаре в ЧУАП «Озяты» Жабинковского района и в лабораториях «Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси» и РУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Объектами исследования стали основные типичные для западной части Белорусского Полесья типы почв, сельскохозяйственные культуры почвозащитного (травяно-зернового) и традиционного (зернопропашного) севооборотов.

Почвы опытного стационара:

- торфяно-глеевая осушенная низинного типа на тростниково-осоковых торфах, подстилаемая с глубины 0,5 м рыхлым песком;
- дерново-глееватая осушенная песчаная почва на связном песке, сменяемом с глубины 0,3 м рыхлым песком;
- дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная почва на связном песке, сменяемом с глубины 0,3 м рыхлым песком.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя приведена в табл. 1.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика пахотного слоя исследуемых почв**

Почва	pH (КС1)	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	Содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг	Гумус, %
торфяно-глеявая осушенная	5,37	123	322	-
дерново-глеяватая осушенная песчаная	7,03	254	104	3,99
дерново-подзолистая глееватая песчаная	6,10	150	88	1,95

В почвозащитном (травяно-зерновом) севообороте чередование культур следующее: ячмень Якуб с подсевом клевера лугового Цудоўны – клевер луговой 1-го г.п. – клевер луговой 2-го г.п. – озимая рожь Завейя 2 на з/м + редька масличная Прыгажуня – горох посевной Белус.

Варианты опыта:

Ячмень	Клевер	Озимая рожь	Редька масличная	Горох	Итого за ротацию
контроль	контроль	контроль	контроль	контроль	-
P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	P <sub>340</sub> K <sub>690</sub>
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>80</sub> K <sub>70+70</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>165</sub> P <sub>420</sub> K <sub>740</sub>
N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> +Cu <sub>0,05</sub>	N <sub>20</sub> P <sub>80</sub> K <sub>70+70</sub> +Mo <sub>0,04</sub>	N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> +Cu <sub>0,05</sub>	N <sub>15</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub> +B <sub>0,05</sub> +Cu <sub>0,05</sub>	N <sub>280</sub> P <sub>420</sub> K <sub>740</sub> +Cu <sub>0,15</sub> +B <sub>0,05</sub> +Mo <sub>0,04</sub>

В традиционном (зернопропашном) севообороте возделывались: кукуруза F<sub>1</sub> Бемо 182 СВ – овес Запавет – ячмень яровой Якуб – озимая рожь Завейя 2 – горох посевной Белус.

Варианты опыта:

Кукуруза	Овес	Ячмень	Озимая рожь	Горох	Итого за ротацию
контроль	контроль	контроль	контроль	контроль	-
P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	P <sub>300</sub> K <sub>570</sub>
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>320</sub> P <sub>320</sub> K <sub>600</sub>
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> +50 т/га навоза	N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>60+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>15</sub> P <sub>80</sub> K <sub>120</sub>	N <sub>365</sub> P <sub>320</sub> K <sub>600</sub>

Повторность опытов 3-х кратная. Общая площадь делянки – 24 м<sup>2</sup>, учетная – 18 м<sup>2</sup>.

Агротехника возделывания культур – общепринятая для республики. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием дисперсионного, корреляционно-регрессионного анализа в изложении Б.А. Доспехова.

Эффективность применения удобрений рассчитана по методике РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [3] на основании прибавок полученных за севооборот, стоимости 1 т к.ед. на пашне (на 01.01.2010), стоимости удобрений и нормативов затрат на внесение удобрений, уборку, доработку и реализацию прибавки урожая, полученной за счет применения удобрений.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Агрономическая эффективность применения удобрений – это результат действия их на выход основной продукции, выраженной прибавкой урожая за севооборот или на единицу внесенного удобрения. В результате проведенных исследований на осушенных дерново-подзолистых песчаных, дерново-глееватых песчаных и торфяно-глеевых почвах в условиях западной части Белорусского Полесья установлена высокая агрономическая эффективность применения минеральных удобрений как в традиционном (зернопропашном), так и в почвозащитном (травяно-зерновом) севооборотах (табл. 2).

Таблица 2

#### **Сравнительная агрономическая эффективность применения удобрений в дифференцированных севооборотах в условиях гетерогенного почвенного покрова** (в среднем за ротацию севооборота)

Вариант	Дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная			Дерново-глееватая осушенная песчаная			Торфяно-глеевая осушенная		
	сбор	прибавка	окупаемость NPK, кг к.ед.	сбор	прибавка	окупаемость NPK, кг к.ед.	сбор	прибавка	окупаемость NPK, кг к.ед.
	ц/га к.ед.			ц/га к.ед.			ц/га к.ед.		
Зернопропашной (традиционный) севооборот									
Контроль	41,2	-	-	43,2	-	-	50,3	-	-
P <sub>60</sub> K <sub>114</sub>	49,3	+8,1	4,9	52,9	+9,7	5,8	63,2	+12,9	7,7
N <sub>64</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	60,6	+19,4	7,8	62,6	+19,4	7,8	72,9	+22,6	9,1
N <sub>73</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	65,5	+24,3	9,5	67,3	+24,1	9,4	78,6	+28,3	11,0
HCP <sub>0,05</sub>	6,9			7,7			9,7		
Травяно-зерновой (почвозащитный) севооборот									
Контроль	38,7	-	-	42,1	-	-	52,3	-	-
P <sub>38</sub> K <sub>138</sub>	48,7	+10,0	6,0	55,0	+12,9	7,7	62,6	+10,3	6,2
N <sub>33</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub>	53,0	+14,3	5,8	63,0	+20,9	8,4	68,5	+16,2	6,5
N <sub>56</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub> <sup>+</sup> микроэлементы	56,1	+17,4	6,8	65,6	+23,5	9,2	73,4	+21,1	8,2
HCP <sub>0,05</sub>	5,7			7,5			8,8		

Сравнивая между собой севообороты отметим, что в традиционном севообороте на любом из исследуемых типов почв окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая выше, чем в почвозащитном.

В среднем за ротацию традиционного севооборота внесение удобрений на дерново-подзолистой песчаной почве увеличивало урожайность на 8,1-24,3 ц/га к.ед., а почвозащитного – на 10,0-17,4 ц/га к.ед.

Применение удобрений на дерново-глееватой песчаной почве повысило выход к.ед. в зернопропашном севообороте на 9,7-24,1 ц/га и на 12,9-23,5 ц/га в травяно-зерновом.

Увеличение производительной способности торфяно-глеевой почве в традиционном севообороте при внесении удобрений составило 12,9-28,3 ц/га к.ед., в почвозащитном севообороте – 10,3-21,1 ц/га к.ед.

В среднем за ротацию традиционного севооборота наибольшая урожайность получена в варианте  $N_{73}P_{64}K_{120}$ . На торфяно-глеевой почве она составила 78,6 ц/га к.ед., на дерново-подзолистой и дерново-глееватой песчаных – соответственно 65,5 и 67,3 ц/га к.ед.

При внесении  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + микроэлементы получена наибольшая продуктивность в почвозащитном севообороте: на торфяно-глеевой почве – 73,4 ц/га к.ед., на дерново-подзолистой песчаной – 56,1, на дерново-глееватой песчаной – 65,6 ц/га к.ед.

При оценке агрономической эффективности применения удобрений важным является окупаемость внесенных удобрений прибавкой урожая. Результаты расчетов свидетельствуют, что в почвозащитном севообороте 1 кг внесенных минеральных удобрений окупался прибавкой урожайности от 5,8 до 9,2 кг к.ед., в традиционном севообороте – от 4,9 до 11,0 кг к.ед. Увеличение уровня применяемых удобрений сопровождалось ростом их окупаемости прибавкой продукции.

В традиционном севообороте на торфяно-глеевой почве окупаемость минеральных удобрений самая высокая – 7,7-11,0 кг к.ед. В почвозащитном севообороте наиболее отзывчива на внесение NPK дерново-глееватая почва – окупаемость составила 7,7-9,2 кг к.ед.

Из изучаемых систем удобрения в традиционном севообороте наибольший агрономический эффект получен при внесении  $N_{73}P_{64}K_{120}$ . В зависимости от типа почвы 1 кг внесенных удобрений окупался 9,4-11,0 кг к.ед. прибавки урожая.

В почвозащитном севообороте наибольшая окупаемость удобрений получена в варианте  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + микроэлементы: на дерново-подзолистой песчаной почве – 6,8 кг к.ед., на дерново-глееватой песчаной – 9,2, на торфяно-глеевой почве – 8,2 кг к.ед.

Вопросы эффективного использования минеральных удобрений являются приоритетными в народном хозяйстве Республики Беларусь. Расчет экономической эффективности является важным критерием определения оптимальности исследуемых факторов под различные сельскохозяйственные культуры [3-6]. Экономическая эффективность позволяет рассмотреть исследуемый фактор на предмет получения максимального дохода при возделывании сельскохозяйственных культур, что особенно важно при внедрении его в производство [3].

При определении экономической эффективности применения удобрений исходят не из натуральных показателей, а из сопоставления стоимости произведенной продукции с затратами, выраженными в денежном эквиваленте.



## Плодородие почв и применение удобрений

Эффективность удобрений в севообороте зависит от его типа, дозы удобрений, отзывчивости различных культур на уровень питания предшественников и последующих культур.

В ходе исследований установлена высокая экономическая эффективность применения минеральных удобрений на осушенных дерново-подзолистых, дерново-глееватых и торфяно-глеевых почвах как в традиционном, так и в почвозащитном севооборотах (табл. 3).

Таблица 3

### Экономическая эффективность применения удобрений в дифференцированных севооборотах в условиях гетерогенного почвенного покрова (в среднем за ротацию севооборота)

Севооборот	Вариант	Прибавка, ц/га к.ед.	Стоимость прибавки	Затраты*	Чистый доход	Рентабельность, %
Зернопропашной (традиционный) севооборот	дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная					
	Контроль	-	-	-	-	-
	P <sub>60</sub> K <sub>114</sub>	8,1	90,9	87,2	3,8	4
	N <sub>64</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	19,4	217,1	149,2	67,8	45
	N <sub>73</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	24,3	272,6	165,8	106,8	64
	дерново-глееватая осушенная песчаная					
	Контроль	-	-	-	-	-
	P <sub>60</sub> K <sub>114</sub>	9,7	108,9	91,2	17,7	19
	N <sub>64</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	19,4	217,1	149,2	67,8	45
	N <sub>73</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	24,1	270,1	165,3	104,9	63
	торфяно-глеевая осушенная					
	Контроль	-	-	-	-	-
	P <sub>60</sub> K <sub>114</sub>	12,9	144,5	99,1	45,4	46
N <sub>64</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	22,6	253,6	157,4	96,2	61	
N <sub>73</sub> P <sub>64</sub> K <sub>120</sub>	28,3	317,2	175,8	141,4	80	
Травяно-зерновой (почвозащитный) севооборот	дерново-подзолистая глееватая осушенная песчаная					
	Контроль	-	-	-	-	-
	P <sub>38</sub> K <sub>138</sub>	10,0	112,4	73,8	38,6	52
	N <sub>33</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub>	14,3	160,2	143,5	16,7	12
	N <sub>56</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub> +микроэлементы	17,4	194,4	161,8	32,6	20
	дерново-глееватая осушенная песчаная					
	Контроль	-	-	-	-	-
	P <sub>38</sub> K <sub>138</sub>	12,9	144,7	81,0	63,7	79
	N <sub>33</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub>	20,9	234,1	160,0	74,1	46
	N <sub>56</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub> +микроэлементы	23,5	263,4	177,2	86,2	49
	торфяно-глеевая осушенная					
	Контроль	-	-	-	-	-
	P <sub>38</sub> K <sub>138</sub>	10,3	115,8	74,6	41,2	55
N <sub>33</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub>	16,2	181,7	148,3	33,4	22	
N <sub>56</sub> P <sub>84</sub> K <sub>148</sub> +микроэлементы	21,1	236,5	171,2	65,3	38	

\* – Затраты на приобретение, внесение удобрений, а также уборку и доработку полученной продукции

Внесение  $N_{73}P_{64}K_{120}$  в среднем за ротацию зернопропашного севооборота обеспечило самую высокую прибавку. Поэтому и ее стоимость в данном варианте наибольшая: на дерново-подзолистой осушенной песчаной почве – 165,8\$ USA/га, на дерново-глеевой осушенной – 165,3, на торфяно-глеевой – 175,8\$ USA/га.

В травяно-зерновом севообороте самая высокая общая прибыль получена в варианте  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + микроэлементы – от 194\$ USA/га на осушенной дерново-подзолистой песчаной почве до 263\$ USA/га на дерново-глеевой песчаной.

В то же время в этих вариантах и затраты, обусловленные расходами на приобретение, внесение удобрений, а также уборку и доработку полученной продукции, самые высокие: 87-176\$ USA/га в традиционном и 74-177\$ USA/га в почвозащитном севообороте.

Чистый доход (прибыль) с 1 га от применения удобрений это разница между стоимостью прибавки и затратами на ее получение. В среднем за ротацию традиционного севооборота возможно получить 4-107\$ USA/га чистой прибыли на осушенных дерново-подзолистой песчаной почве, дерново-глеевой песчаной – 18-105, торфяной глеевой – 45-141\$ USA/га. Самая высокая прибыль получена при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{73}P_{64}K_{120}$  независимо от типа почв – 105-141\$ USA/га, из них максимальный – на торфяно-глеевой осушенной почве – 141 \$ USA/га.

В среднем за ротацию почвозащитного севооборота максимальную чистую прибыль обеспечило внесение  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + микроэлементы на всех исследуемых типах почв. На минеральных почвах она составила 33-86\$ USA/га, на торфяно-глеевой – 65\$ USA/га. Также высокая чистая прибыль получена при совместном применении фосфорных и калийных удобрений (39-64\$ USA/га). Однако несбалансированность питания отрицательно сказывается на качестве получаемой продукции.

Сравнивая севообороты, отметим, что чистая прибыль от применения удобрений в традиционном севообороте в 1,5-2,0 раза выше, чем в почвозащитном.

Рентабельность – это прибыль на один рубль затрат, выраженная в процентах. В традиционном севообороте максимальная рентабельность от применения удобрений получена на торфяно-глеевой почве (46-80%). На минеральных почвах рентабельность снизилась до 4-64% на дерново-подзолистой почве и 19-63% на дерново-глеевой почвах. На всех исследуемых почвах наиболее рентабельно применение  $N_{73}P_{64}K_{120}$  (64-80%).

В почвозащитном севообороте наиболее рентабельно применение фосфорно-калийных удобрений – 55-79%. Но, как отмечалось ранее, это негативно отразится на качестве кормов и плодородии почв. Также высокая рентабельность получена в варианте  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + микроэлементы – от 20% на дерново-подзолистой песчаной до 49% на дерново-глеевой песчаной почве.

## **ВЫВОДЫ**

Внесение удобрений оказало положительное влияние на производительную способность дефляционноопасных почв Полесья как традиционном (зернопропашном), так и почвозащитном (травяно-зерновом) севооборотах. Продуктивность сельскохозяйственных культур при этом увеличилась на 8,1-28,3 ц/га

к.ед. в среднем за ротацию традиционного севооборота и на 10,0-21,1 ц/га к.ед. в почвозащитном севообороте.

В целом, окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая в традиционном севообороте выше, чем в почвозащитном. В традиционном севообороте наибольшая окупаемость получена на торфяно-глеевой почве при внесении  $N_{73}P_{64}K_{120}$  (11,0 кг к.ед.). На минеральных почвах окупаемость приблизительно на 2 кг к.ед. ниже, чем на торфяно-глеевой. В почвозащитном севообороте наибольшая окупаемость 1 кг NPK получена на осушенной дерново-глеевой песчаной почве в варианте  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + микроэлементы (9,2 кг к.ед.).

На дефляционноопасных почвах западной части Белорусского Полесья более высокий экономический эффект получен в традиционном севообороте. Наибольший чистый доход получен на торфяно-глеевой осушенной почве в варианте  $N_{73}P_{64}K_{120}$  – 141\$ USA/га при рентабельности 80%. В почвозащитном севообороте максимальную чистую прибыль обеспечило внесение  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + микроэлементы: на минеральных почвах она составила 33-86\$ USA/га, на торфяно-глеевой – 65\$ USA/га, уровень рентабельности 20-49%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник агрохимика / под ред. В.В. Лапа. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
2. Лапа, В.В. Удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почв – состояние и перспективы / В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 38-43.
3. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.
4. Босак, В.Н. Условия эффективного применения удобрения в зерновом севообороте / В.Н. Босак // Проблемы питания растений: мат. Междунар. конф. – Жодино, 2000. – С. 58-62.
5. Босак, В.Н. Система удобрений в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В.Н. Босак. – Минск, 2003. – 176 с.
6. Лапа, В.В. Экономическая эффективность различных систем применения удобрений при возделывании озимой ржи / В.В. Лапа [и др.] // Междунар. аграр. журнал. – 1999. – №11. – С. 22-24.

## EFFICIENCY OF FERTILIZER APPLICATION IN THE DIFFERENTIATED CROP ROTATIONS IN CONDITIONS OF POLESYE HETEROGENEOUS SOIL COVER

A.S. Shik, A.S. Antonyuk, V.A. Bachilo, A.M. Ustnina,  
N.A. Likhatchevich, V.A. Satishur

### Summary

Fertilizer application positive influenced on productivity of deflation dangerous Polesye soils as in traditional as in soil-protective crop rotations. In traditional crop rotation the highest net income received in variant  $N_{73}P_{64}K_{120}$  – 105-141\$ USA/ha at

a level of profitability 64-80%. In soil-protective crop rotation application  $N_{56}P_{84}K_{148}$  + micro fertilizers is more economically efficient (33-86\$ USA/ha of net income, profitability – 20-49%).

*Поступила 20 октября 2010 г.*

УДК 633.11.321:631.81.0.95.337

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

**И.Р. Вильдфлуш, О.И Мишура**

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия  
г. Горки, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Микроэлементы выполняют важнейшие функции в процессах жизнедеятельности растений и являются необходимым компонентом системы удобрения для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур [1, 2]. На почвах с низким содержанием микроэлементов внесение микроудобрений может повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 10-15% и более. Микроудобрения существенно улучшают качество растениеводческой продукции, так как они положительно влияют на накопление белков и углеводов [2, 3]. Микроэлементный состав растениеводческой продукции – важный показатель биологической ценности.

Интенсификация земледелия усиливает потребность в микроудобрениях. Это связано с ростом урожайности сельскохозяйственных культур, использованием новых высокопродуктивных сортов, имеющих интенсивный обмен веществ, который требует достаточной обеспеченности всеми элементами питания, включая микроэлементы [2].

Как показывают исследования, наиболее рациональным способом внесения микроудобрений являются некорневые подкормки [3]. Иногда ставится под сомнение положительное влияние некорневой подкормки удобрениями из-за малых доз внесения. Однако концентрация удобрений в почве при традиционном способе внесения, даже при больших дозах, меньше концентрации рабочих растворов при некорневой подкормке [4].

Применение больших доз азотных удобрений уменьшает доступность растениями меди и молибдена, фосфорных – цинка, калийных – бора. Известкование затрудняет доступность многих микроэлементов [5, 6].

В настоящее время наряду с простыми солями стали широко применяться органо-минеральные и хелатные соединения микроэлементов. Комплексанаты металлов поступают в растения из почвы и через листья (при некорневых подкормках) без изменений и только в растении происходит их разрушение и переход микроэлементов в метаболиты растительных тканей. Внесение микроудобрений в виде комплексанатов меди, цинка и других микроэлементов позволяет повысить урожайность зерновых на 10-23% по сравнению с простыми солями.

Цель исследований – изучение агрономической эффективности действия и влияния новых форм микроудобрений и влияния на продукционные процессы, урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение эффективности микроудобрений в опыте с яровой пшеницей проводилось на опытном поле «Тушково» учебно-опытного хозяйства УО «БГСХА». Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеокультуренная, легко-суглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Она по годам исследований имела слабокислую реакцию почвенной среды (рН КСl 5,6 – 5,8), низкое и недостаточное содержание гумуса (1,37-1,74%), повышенное содержание подвижного фосфора (188-245 мг/кг почвы) и калия (218-240 мг/кг почвы), низкое и среднее содержание подвижной меди (1,3-1,7 мг) и цинка (2,4-3,5 мг/кг почвы).

Норма высева семян яровой пшеницы сорта Рассвет составляла 5 млн./га. Общая площадь делянки в опытах равнялась 36 м<sup>2</sup>, учетная – 24,7 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Посев яровой пшеницы произведен немецкой сеялкой RAU. В опыте с яровой пшеницей применялись карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, сернокислая медь и КАС-32.

Из комплексных удобрений в фазе выхода в трубку применялись Витамар 3 в дозе 1 л/га., состоящий из следующих компонентов: MgSO<sub>4</sub> \* 7H<sub>2</sub>O – 220 г, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> – 20 г, ZnSO<sub>4</sub> \* 7H<sub>2</sub>O – 20 г, MnSO<sub>4</sub> \* 4H<sub>2</sub>O – 120 г, CuSO<sub>4</sub> \* 5H<sub>2</sub>O – 260 г, (NH<sub>5</sub>)<sub>6</sub> Mo<sub>7</sub> O<sub>24</sub> \* H<sub>2</sub>O – 10 г, FeSO<sub>4</sub> \* 7H<sub>2</sub>O – 120 г, соль Мора (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> \* FeSO<sub>4</sub> \* 6H<sub>2</sub>O – 10 г, гуматы – 50 мл на 1 л раствора. Микроэлемент медь в отдельном варианте применялся в дозе 150 г/га в форме CuSO<sub>4</sub> \* 5H<sub>2</sub>O. Изучалось также действие некорневой подкормки удобрением Эколист 3 (N -10,5%, K<sub>2</sub>O – 5,1%, MgO – 2,5%, B – 0,38%, Cu – 0,45%, Fe – 3,07% Mn – 0,05 %, Mo – 0,0016%, Zn – 0,14%), которое вносилось в фазе выхода в трубку в дозе 3 л/га. Для предотвращения полегания в варианте опыта с внесением N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> + N<sub>45</sub>КАС с Витама-ром в фазу выхода в трубку + N<sub>25</sub> КАС применялся Трепал Ц в фазе флагового листа в дозе 1,25 л/га.

Некорневая подкормка N<sub>30</sub> КАС и N<sub>45</sub> КАС в фазе выхода в трубку, в микро-стадии 31 1-го узла (код ВВСН) и N<sub>25</sub> в микростадии 37 появление флагового листа (код ВВСН) проводилась в вечерние часы при разведении 1:4. Для изучения действия повышенных доз азотных удобрений в форме КАС в более поздние фазы развития яровой пшеницы был предусмотрен вариант с двумя некорневыми подкормками N<sub>45</sub> КАС в фазе выхода в трубку (микростадия 31, 1-го узла) и N<sub>25</sub> КАС в фазу флагового листа (микростадия 37) в сочетании с внесением N<sub>80</sub> до посева в форме карбамида.

Уборка урожая производилась финским комбайном «Сампо». Химпрополка посевов яровой пшеницы производилась в фазе кущения гербицидом Лонтрим в дозе 2 л/га. В фазе конец выхода в трубку посевы обрабатывали против вредителей инсектицидом Фастак (150 мл/га).

Учеты, отбор проб, наблюдения и анализы почвенных и растительных образцов проводились по общепринятым методикам в соответствии с ГОСТ и ОСТ. Подвижные формы фосфора и калия определяли по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Гумус в почве определяли по методу Тюринна в модификации

ЦИНАО. Реакцию почвы определяли потенциометрическим методом. Медь и цинк в 1 М HCl методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии [7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Учет накопления сухого вещества дает возможность определить реакцию растений яровой пшеницы на применение макро- и микроудобрений в процессе роста и развития.

Минеральные удобрения существенно увеличивали рост растений и накопление биомассы у яровой пшеницы (табл. 1).

Таблица 1

#### Динамика роста и накопление сухого вещества растениями яровой пшеницы (среднее за 2007-2008 гг.)

Варианты	Высота растений, см				Вес 100 сухих растений, г			
	кущение	выход в трубку	колошение	молочно-восковая спелость	кущение	выход в трубку	колошение	молочно-восковая спелость
1. Без удобрений	27,3	40,3	75,0	87,2	38,2	156,8	216,0	462,0
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	30,2	44,2	83,0	91,4	51,5	188,3	260,0	546,5
3. N <sub>70</sub> K <sub>90</sub>	34,1	58,4	93,4	99,3	60,2	214,0	389,0	644,0
4. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	71,3	59,0	93,5	100,5	61,4	238,2	458,5	704,0
5. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС в фазе выхода в трубку	37,0	58,8	95,1	99,7	64,1	261,8	475,5	709,5
6. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Cu	38,3	55,2	97,0	103,2	67,3	233,0	479,0	735,0
7. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку	38,5	55,9	94,8	100,4	67,4	233,6	503,5	718,0
8. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Эколистом зерновых в фазу выхода в трубку	37,4	54,1	88,0	94,7	64,9	225,3	500,5	719,0
9. N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> * КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку+ N <sub>25</sub> ** КАС + Терпал	38,7	55,7	92,9	96,6	63,9	227,3	505,5	711,5

\* – внесено в микростидии 31 1-го узла (код ВВСН);

\*\* – внесено в микростадии 37, появления флагового листа (код ВВСН).

В фазе кущения яровой пшеницы отставали в росте растения в вариантах без удобрений и в варианте с низкой дозой азота. Наиболее высокими растения

яровой пшеницы в фазе колошения были в вариантах, где применялись азотные удобрения в дозе  $N_{70-80}$ . Аналогичная картина наблюдалась и в фазе молочно-восковой спелости. Более интенсивное накопление биомассы у яровой пшеницы происходило в вариантах с повышенными дозами азота. До фазы кущения варианты, где вносилось 70-80 кг азота, по накоплению биомассы существенно не различались. Различия более четко проявились к фазе колошения и молочно-восковой спелости. Максимальное накопление сухого вещества при применении различных препаратов к фазе молочно-восковой спелости наблюдалось в среднем за 2007-2008 гг. в вариантах  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  КАС с Си (735,0 г/100 растений) и  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  КАС с Эколистом в фазу выхода в трубку (719,0 г/100 растений). Более высокая масса 100 сухих растений была в вариантах с применением меди и комплексных микроудобрений Витамар и Эколист 3, что, в конечном счете, и предопределило более высокую урожайность в этих вариантах опыта. Минимальное накопление биомассы было в варианте без удобрений, где получена и самая низкая урожайность зерна яровой пшеницы.

В среднем за два года внесение  $N_{16}P_{60}K_{90}$  повышало урожайность зерна яровой пшеницы по сравнению с контролем на 6,1 ц/га, а  $N_{70}P_{60}K_{90}$  – на 15 ц/га (табл. 2). Некорневая подкормка  $N_{30}$  КАС в фазе выхода в трубку на фоне  $N_{70}P_{60}K_{90}$  не способствовала повышению урожайности зерна яровой пшеницы. Это обусловлено неблагоприятными метеорологическими условиями в годы проведения исследований. В 2007 г. в июле осадков выпало в два раза больше по сравнению со среднемноголетним наблюдениям. В 2008 г. в июне и июле месяце, наоборот, ощущался дефицит влаги в летние месяцы. В частности, в 2008 г. в июне выпало осадков только 44%, а июле месяце 67% от нормы, что не дало получить надлежащей отдачи от некорневых подкормок КАС в фазах выхода в трубку и флагового листа (вариант 9).

При некорневой подкормке яровой пшеницы медью совместно с КАС на фоне  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  урожайность зерна в 2008 году возрастала на 2,7 ц/га. В 2007 году медь не способствовала повышению урожайности зерна пшеницы. Совместное внесение комплексного микроудобрения Витамар с КАС на таком же фоне, как и меди, в среднем за два года повысило урожайность зерна на 4,6 ц/га. Некорневая подкормка комплексным микроудобрением Эколист на фоне  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  увеличивала урожайность зерна на 5,1 ц/га в 2008 г., а в среднем за два года на 3,3 ц/га.

Наибольшая прибавка урожайности к контролю наблюдалась в вариантах  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку (19,4 ц/га) и  $N_{70}P_{60}K_{120} + N_{30}$  КАС с Эколистом в фазу выхода в трубку (18,1 ц/га), что в конечном итоге и повысило окупаемость удобрений. Максимальная урожайность зерна яровой пшеницы сорта Рассвет (51,1 ц/га) была получена в вариантах с применением комплексного препарата Витамара, содержащего микроудобрения и регулятор роста.

Самая высокая окупаемость 1 кг NPK кг зерна отмечена в варианте с применением комплексного препарата Витамара на фоне  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  (7,7 кг).

Масса 1000 зерен выраженная в граммах, является сортовым признаком, но в тоже время существенно колеблется по годам, в зависимости от фонов удобрений, от густоты посевов и ряда других факторов. Значительные различия по массе 1000 зерен отмечаются даже в пределах одного растения и у растений

различных морфобиологических типов. С ростом числа побегов и колосьев у растения, масса 1000 зерен увеличивается [23].

Таблица 2

**Влияние макро- и микроудобрений  
на урожайность зерна яровой пшеницы**

Варианты	Урожайность, ц/га			Прибавка к контролю, ц/га	Окупае- мость 1 кг НРК кг зерна
	2007г.	2008г.	средняя		
1. Без удобрений	27,8	35,6	31,7	–	–
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	35,5	40,1	37,8	6,1	3,7
3. N <sub>70</sub> K <sub>90</sub>	38,7	46,6	42,7	11	6,9
4. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	41,9	51,4	46,7	15	6,8
5. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС	42,4	50,6	46,5	14,8	5,9
6. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Cu	42,0	53,3	47,7	16,0	6,4
7. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку	46,6	55,6	51,1	19,4	7,7
8. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Эколистом зерновых в фазу выхода в трубку	43,9	55,7	49,8	18,1	7,2
9. N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>45</sub> * КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку+ N <sub>25</sub> ** КАС + Терпал	44,1	54,2	49,2	17,5	4,8
НСР <sub>05</sub>	1,8	2,1	1,4		

\* – внесено в микростидии 31 1-го узла (код ВВСН);

\*\* – внесено в микростадии 37, появления флагового листа (код ВВСН)

В наших исследованиях применение удобрений и регуляторов роста в той или иной степени повышало массу 1000 зерен (табл. 3).

По сравнению с вариантом без удобрений при применении N<sub>70</sub>K<sub>90</sub> она возросла на 2,4 г, а в варианте N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> – на 0,7 г.

Наиболее высокое содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы (15,9%) отмечено в среднем за 2 года при некорневой подкормке медью на фоне N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> КАС. Под влиянием меди содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы возросло на 0,5%. Такое же содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы было и варианте N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>45</sub> КАС с Витамаром +N<sub>25</sub>.

Наибольший сбор сырого белка был в вариантах с применением меди (6,8 ц/га), а также при использовании Эколиста 3 на фоне N<sub>70</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> КАС и при внесении дробно высоких доз азота в сочетании с комплексным микроудобрением Витамар. В этих вариантах сбор сырого белка составил 6,5-6,7ц/га.

Определение содержания азота в зерне яровой пшеницы показало, что максимальное содержание азота (2,8%) по опыту в среднем за два года отмечено в вариантах N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> КАС с Cu и N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> + N<sub>45</sub> КАС в трубковании с Витамаром + N<sub>25</sub> КАС + Терпал. В этих вариантах содержание азота по сравнению с контролем возросло на 21%.



**Влияние макро- и микроудобрений  
на качество зерна яровой пшеницы**

Варианты	Масса 1000 зерен, г			Сырой белок, %			Сбор сырого белка, ц/га		
	2007г.	2008г.	сред- нее	2007г.	2008г.	сред- нее	2007г.	2008г.	сред- нее
1. Без удоб- рений	35,9	33,5	34,7	14,0	12,7	13,4	3,3	3,9	3,6
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	37,8	34,4	36,1	14,4	12,6	13,5	4,4	4,3	4,4
3. N <sub>70</sub> K <sub>90</sub>	38,7	35,4	37,1	15,3	13,5	14,4	5,1	5,4	5,3
4. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	36,9	33,8	35,4	15,6	14,0	14,2	5,6	6,2	5,9
5. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС	32,2	34,6	33,4	17,9	13,9	15,4	6,6	5,8	6,3
6. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Си	34,2	34,8	34,5	16,9	13,9	15,9	6,1	6,8	6,5
7. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку	35,9	34,4	35,2	16,9	13,9	15,3	6,8	6,5	6,7
8. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Эколистом зерновых в фазу выхода в трубку	35,1	36,0	35,6	17,0	14,0	15,5	6,4	6,7	6,6
9. N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> *КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку+ N <sub>25</sub> ** КАС + Терпал	33,0	36,6	34,8	17,4	14,3	15,9	6,6	6,7	6,7

\* – внесено в микростидии 31 1-го узла (код ВВСН);

\*\* – внесено в микростадии 37, появления флагового листа (код ВВСН)

В среднем за два года наиболее высокое содержание азота в соломе отмечено в варианте N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> + N<sub>45</sub> КАС в фазу трубкавания с Витамаром + N<sub>25</sub> КАС + Терпал (1,16%), где вносились высокие дозы азота. Максимальное содержание фосфора (0,33%) в варианте N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> КАС с Витамаром. Наибольшее содержание калия в соломе (1,67%) было в варианте N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> + N<sub>30</sub> КАС в фазу выхода в трубку с Эколистом зерновых.

Применение удобрений существенно увеличивало общий и удельный вынос элементов питания. Общий вынос азота, фосфора и калия наибольших величин достигал при некорневых подкормках комплексными микроудобрениями Эколистом и Витамаром, что обусловлено более высокой урожайностью опыта (табл. 4).

**Содержание основных элементов питания в зерне  
и соломе яровой пшеницы (среднее за 2007-2008 гг.)**

Варианты	Зерно, %			Солома, %		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	2,3	0,80	0,57	1,01	0,33	1,06
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	2,4	0,98	0,63	0,90	0,26	1,21
3. N <sub>70</sub> K <sub>90</sub>	2,5	1,10	0,60	0,96	0,27	1,18
4. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	2,6	0,90	0,77	1,14	0,30	1,38
5. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС	2,7	0,90	0,59	1,0	0,30	1,29
6. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Cu	2,8	0,90	0,66	1,07	0,32	1,51
7. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку	2,6	0,95	0,60	1,10	0,33	1,54
8. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Эколистом зерновых в фазу выхода в трубку	2,7	0,96	0,62	1,16	0,29	1,67
9. N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> *КАС с Вита- маром в фазу выхода в трубку + N <sub>25</sub> ** КАС+Терпал	2,8	0,96	0,63	1,50	0,30	1,52

\* – внесено в микростидии 31 1-го узла (код ВВСН);

\*\* – внесено в микростадии 37, появления флагового листа (код ВВСН)

Наиболее высокий удельный вынос азота был в вариантах N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> КАС с Cu и при применении Витамара на фоне высоких доз азота, фосфора и калия (N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub> + N<sub>45</sub> + N<sub>25</sub>). Удельный вынос фосфора был более стабильным по вариантам опыта, чем азота (табл. 5). Вынос калия на 10 ц основной с учетом побочной продукции возрастал в вариантах, где применялись калийные удобрения.

Таблица 5

**Влияние применения макро- и микроудобрений на вынос  
питательных элементов яровой пшеницы (среднее за 2007-2008 гг.)**

Варианты	Общий вынос, кг/га			Вынос 10 ц основной продукции с учетом побочной, кг/га		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	94,0	32,0	48,3	34,7	12,0	17,6
2. N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	112,3	41,9	67,5	34,7	13,0	21,0
3. N <sub>70</sub> K <sub>90</sub>	138,1	46,6	78,0	37,8	12,9	21,4
4. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	165,6	51,5	103,7	41,5	13,1	26,4
5. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> *КАС	159,9	51,1	91,0	40,4	13,0	23,2
6. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> *КАС с Cu	174,3	54,4	110,4	42,9	13,6	27,7

Варианты	Общий вынос, кг/га			Вынос 10 ц основной продукции с учетом побочной, кг/га		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
7. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку	178,0	59,3	112,4	40,8	13,7	26,1
8. N <sub>70</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>30</sub> * КАС с Эколистом зерновых в фазу выхода в трубку	186,8	55,9	114,2	39,0	11,7	23,8
9. N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>130</sub> + N <sub>45</sub> *КАС с Витамаром в фазу выхода в трубку + N <sub>25</sub> ** КАС + Терпла	182,0	57,1	111,4	43,6	13,8	27,1

\* – внесено в микростидии 31 1-го узла (код ВВСН);

\*\* – внесено в микростадии 37, появления флагового листа (код ВВСН)

## ВЫВОДЫ

1. Максимальное накопление сухого вещества при применении различных препаратов к фазе молочно-восковой спелости наблюдалось в среднем за 2007-2008 гг. в вариантах N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> КАС с Cu (735,0 г/100 растений) и N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> КАС с Эколистом в фазу выхода в трубку (719,0 г/100 растений).

2. В среднем за 2007-2008 гг. на фоне N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> применение комплексных микроудобрений Эколиста и Витамара повышало урожайность зерна яровой пшеницы на 3,3 и 4,6 ц/га. В этих вариантах наблюдалась и наибольшая урожайность зерна (51,1 и 49,8 ц/га).

3. Наиболее высокое содержание сырого белка в среднем за два года в зерне яровой пшеницы (15,9%) отмечено при некорневой подкормке медью на фоне N<sub>70</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> + N<sub>30</sub> КАС и применением Витамара на фоне N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>130</sub>+N<sub>45</sub>+N<sub>25</sub>. В вариантах с применением Витамара был максимальным сбор сырого белка (6,7 ц/га).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рак, М.В. Некорневые подкормки микроудобрениями в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / М.В. Рак, М.Ф. Дембицкий, Г.М. Сафроновская // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 2. – с. 25-27.
2. Рациональное применение удобрений / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2002. – 324с.
3. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: Бел НИИПА, 2002. – 184с.

4. Немкович, А.И. Комплексные микроудобрения для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок озимых зерновых культур и озимого рапса / А.И. Немкович // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 4. – с. 63-64.

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

6. Фатеев, А.И. основы применения микроудобрений / А.И. Фатеев, М.А. Захарова. – 4-е изд. – Харьков: Типография № 13, 2005. – 134с.

7. Практикум по агрохимии: учеб. пособие / И.Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И.Р. Вильдфлуша, С.П. Кукреша. – Минск: Ураджай, 1998. – 270с.

## EFFICIENCY OF APPLICATION OF MICROFERTILIZERS IN CHELATE FORM AT CULTIVATION OF SPRING WHEAT

I.R. Vildflush, O.I. Mishura

### Summary

The application of complex micro fertilizers Ekolist and Vitamar increases productivity of spring wheat grain on the background  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  on 3,3 and 4,6 c/ha, and gathering of crude protein on 0,3 and 0,4 c/ha.

*Поступила 29 октября 2010 г.*

УДК 631.8:633.367

## ВЛИЯНИЕ КОБАЛЬТОВЫХ И МАРГАНЦЕВЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ АМИНОКИСЛОТ В ЗЕЛЕННОЙ МАССЕ И ЗЕРНЕ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

Т.Г. Николаева

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

На современном этапе одной из важнейших проблем сельскохозяйственного производства является проблема сбалансированности кормов по белку. Кормовой белок – важный 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 в кормопроизводстве республики отмечается дефицит сырого протеина в объеме 430-480 тыс. т. Обеспеченность животных растительным белком составляет 85-86 грамм 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 важным источником производства кормового белка является узколистый люпин. 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 перевариваемостью и из-за низкого содержания ингибиторов трипсина может использоваться на корм любым видам животных без предварительной термической обработки, которая обязательна при использовании на корм зерна других однолетних зернобобовых культур. Зерно и зеленая масса узколистного люпина с хорошими результатами используется в кормлении всех видов сельскохозяйственных животных [4-6].

В современных технологиях возделывания зернобобовых культур важное значение имеет кобальт и марганец. Данные микроэлементы участвуют в важнейших биохимических процессах, происходящих в растительной клетке, активируют ряд ферментов, в том числе участвующих в азотном обмене [7-9].

Применение удобрений оказывает влияние не только на содержание белка, но и изменяет его качество. В настоящее время установлено, что биосинтез индивидуальных, специфических для данного организма белков определяется генетическими факторами. Поэтому нельзя изменить аминокислотный состав индивидуальных растительных белков теми или иными агротехническими приемами. Однако при этом можно в определенной степени влиять на количество той или иной фракции или аминокислоты. С физиологической точки зрения аминокислоты, содержащиеся в белках кормов, делят на незаменимые и заменимые. Отсутствие незаменимых аминокислот или недостаточное количество их в пище человека или кормах для животных вызывает различные нарушения деятельности организма [10, 11].

На основании вышеизложенного нами была поставлена задача изучить влияние некорневых подкормок сернокислыми солями кобальта и марганца, комплексонатами указанных микроэлементов на аминокислотный состав зеленой массы и зерна люпина узколистного при возделывании его на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в полевом опыте в СПК «Щемяслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка: pH (KCl) – 5,5; содержание гумуса – 2,2%,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (0,2 М HCl) – соответственно 240 и 180 мг/кг почвы, подвижного кобальта (1,0 М  $HNO_3$ ) – 0,55 мг/кг почвы и обменного марганца (1,0 М KCl) – 1,5 мг/кг почвы.

Схема опыта включала варианты с возрастающими дозами кобальта и марганца: 25, 50 и 75 г/га. Указанные дозы микроэлементов вносили в виде некорневых подкормок в форме сернокислого кобальта и марганца и хелатов микроэлементов. Некорневые подкормки микроэлементами проводили в фазы бутонизации и конец цветения – начало образования сизых бобов. 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 м<sup>2</sup>.

В опыте возделывали люпин узколистный Миртан. Предшественник – озимая пшеница. Норма высева 1,2 млн. всхожих семян на гектар. Глубина посева 3-4 см. Уход за посевами включал внесение после сева до всходов люпина гербицида «примэкстра голд» для борьбы с однолетними злаковыми и двудольными

сорняками. Уборку и учет урожайности зеленой массы и зерна узколистного люпина проводили сплошным методом.

Аминокислотный состав зеленой массы и зерна люпина узколистного определяли на жидкостном хроматографе HP Agilent 1100 Series .

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для всех видов и сортов люпина характерна общая закономерность в содержании аминокислот. В зерне в белковом гидролизате находятся семнадцать аминокислот: аланин, аргинин, аспарагиновая кислота, валин, гистидин, глицин, глутаминовая кислота, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, пролин, серин, треонин, тирозин, фенилаланин, цистин.

В белке всех видов люпина в наибольшем количестве содержится глутаминовая кислота (15-26%) и аспарагиновая кислота (7-13%), а в минимальном количестве – метионин и триптофан (0,4-1,4%).

Сумма незаменимых аминокислот колеблется в среднем от 35 до 50% белка семян люпина. Наибольшее количество из незаменимых аминокислот приходится на долю лейцина (5-10%).

По данным ряда авторов, содержание аминокислот в вегетативной массе люпина подвержено значительным изменениям по фазам роста и развития растений. Наибольшая их концентрация приходится на фазы бутонизации и цветения, а в дальнейшем по мере старения растений их концентрация снижается [6, 11].

При возделывании люпина узколистного Миртан на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве сумма критических аминокислот в фоновом варианте составила 9,14 г/кг зеленой массы. Некорневые подкормки микроудобрениями увеличили содержание критических аминокислот на 2-16%. При этом следует отметить, что в вариантах, где некорневые подкормки проводили хелатными формами микроэлементов содержание критических аминокислот было выше на 0,09-0,84 г/кг (табл. 1).

Таблица 1

#### Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на аминокислотный состав зеленой массы люпина узколистного (среднее 2006-2007 гг.)

Вариант	Сырой протеин, %		Сумма критических аминокислот, г/кг сухого вещества		Сумма незаменимых аминокислот, г/кг сухого вещества	
	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат
N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> -фон	17,6		9,14		54,46	
Бутонизация						
Co <sub>25</sub>	17,6	18,0	9,45	9,73	54,86	56,05
Co <sub>50</sub>	17,7	17,9	9,34	10,00	55,17	56,70
Co <sub>75</sub>	17,4	17,5	9,09	9,78	54,23	55,99
Mn <sub>25</sub>	17,4	17,5	9,25	9,64	54,62	55,61
Mn <sub>50</sub>	17,6	17,9	9,49	9,68	55,54	56,30
Mn <sub>75</sub>	17,7	18,0	9,58	9,72	55,30	55,80
Co <sub>25</sub> Mn <sub>25</sub>	17,5	18,1	9,77	9,86	55,66	56,37
Co <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	18,3	18,7	9,65	10,13	55,44	57,08
Co <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	17,7	18,3	9,12	9,94	54,75	56,31

Вариант	Сырой протеин, %		Сумма критических аминокислот, г/кг сухого вещества		Сумма незаменимых аминокислот, г/кг сухого вещества	
	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат
B <sub>50</sub> Co <sub>50</sub>	18,1	18,4	9,42	9,98	54,68	56,50
B <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	18,2	18,5	9,33	9,99	54,97	56,55
B <sub>50</sub> Co <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	18,5	18,8	9,66	10,23	56,88	57,25
Конец цветения – начало образования сизых бобов						
Co <sub>25</sub>	18,3	18,6	9,51	9,77	55,52	57,03
Co <sub>50</sub>	18,6	19,0	9,67	10,22	55,98	58,13
Co <sub>75</sub>	18,1	18,4	9,36	9,97	50,63	57,32
Mn <sub>25</sub>	18,0	18,6	9,73	10,09	55,49	57,25
Mn <sub>50</sub>	18,6	19,1	9,66	10,30	56,38	58,18
Mn <sub>75</sub>	17,8	18,2	9,39	9,77	55,61	56,92
Co <sub>25</sub> Mn <sub>25</sub>	18,6	18,9	9,39	10,23	55,40	57,56
Co <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	18,9	19,4	10,04	10,48	56,59	58,66
Co <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	18,7	19,0	9,98	10,25	56,20	57,63
Co <sub>50</sub> +Co <sub>50</sub> *	18,3	19,0	10,09	10,39	56,94	59,70
Mn <sub>50</sub> +Mn <sub>50</sub>	18,4	19,1	9,85	10,58	56,75	59,24

\* – некорневые подкормки в два срока: 1 – бутонизация, 2 – конец цветения – начало образования сизых бобов

Содержание незаменимых аминокислот в зеленой массе люпина узколистного в фоновом варианте составило 54,46 г/кг, а по вариантам опыта колебалась в пределах 54,23-59,70 г/кг. При этом в вариантах, где вносили комплексоны кобальта и марганца содержание незаменимых аминокислот было на 0,37-6,67 г/кг выше, чем в вариантах, где применяли сульфаты кобальта и марганца.

При проведении некорневых подкормок в фазу бутонизации лучшей по биологической ценности оказалась зеленая масса, выращенная в варианте, где вносили хелаты кобальта и марганца в дозах по 50 г/га д.в. и борную кислоту в той же дозе.

При проведении некорневых подкормок в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов наиболее высокое содержание критических и незаменимых аминокислот в зеленой массе отмечено в варианте, где некорневые подкормки проводили комплексоном кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в.

Некорневые подкормки в два срока: в фазу бутонизации и в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов хелатами кобальта и марганца также значительно повысили содержание критических и незаменимых аминокислот в зеленой массе: соответственно на 1,25 и 5,24 г/кг (хелат кобальта) и на 1,44 и 4,78 г/кг (хелат марганца).

Содержание критических аминокислот в зерне люпина узколистного по вариантам опыта составило 11,13-12,09 г/кг. При этом применение в некорневые подкормки люпина микроудобрений повысило данный показатель на 1,3-8,6% по сравнению с фоном (табл. 2).

Некорневые подкормки микроудобрениями также оказали значительное влияние на содержание незаменимых аминокислот в зерне люпина. Внесение кобальтовых и марганцевых удобрений повысило содержание незаменимых аминокислот на 5,3-8,8 г/кг.

При проведении некорневых подкормок в фазу бутонизации лучшим по питательной ценности было зерно, полученное в варианте, где вносили хелаты кобальта и марганца в дозах по 50 г/га д.в. и борную кислоту в дозе 50 г/га д.в. Содержание критических аминокислот в этом варианте составило 10,23 г/кг, что на 1,09 г/кг выше, чем в фоновом варианте, сумма незаменимых аминокислот составила 57,25 мг/кг – на 2,79 г/кг выше фона.

Таблица 2

**Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на аминокислотный состав зерна люпина узколистного (среднее 2006-2007 гг.)**

Вариант	Сырой протеин, %		Сумма критических аминокислот, г/кг сухого вещества		Сумма незаменимых аминокислот, г/кг сухого вещества	
	соль	хелат	соль	хелат	соль	хелат
N <sub>16</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> -фон	21,3		11,13		72,55	
Бутонизация						
Co <sub>25</sub>	21,0	21,2	11,37	11,27	73,44	73,81
Co <sub>50</sub>	21,4	21,7	11,43	11,52	73,63	73,97
Co <sub>75</sub>	20,9	21,3	11,31	11,52	73,41	73,78
Mn <sub>25</sub>	20,9	21,7	11,36	11,52	73,40	73,86
Mn <sub>50</sub>	21,2	21,4	11,45	11,52	74,13	74,16
Mn <sub>75</sub>	21,2	21,8	11,35	11,61	73,34	73,77
Co <sub>25</sub> Mn <sub>25</sub>	21,5	22,0	11,48	11,47	73,71	74,14
Co <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	22,0	22,5	11,59	11,59	74,02	74,43
Co <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	22,2	22,3	11,45	11,70	73,73	74,29
B <sub>50</sub> Co <sub>50</sub>	21,6	22,0	11,56	11,69	74,03	74,44
B <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	21,7	22,2	11,50	11,69	73,98	74,45
B <sub>50</sub> Co <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	21,9	22,6	11,62	11,80	74,27	74,79
Конец цветения – начало образования сизых бобов						
Co <sub>25</sub>	22,1	22,3	11,68	11,83	74,44	75,01
Co <sub>50</sub>	22,1	22,6	11,76	11,90	74,75	75,39
Co <sub>75</sub>	22,0	22,2	11,60	11,90	74,27	75,03
Mn <sub>25</sub>	22,1	22,6	11,60	11,88	74,32	75,01
Mn <sub>50</sub>	22,4	22,8	11,83	11,97	74,85	75,36
Mn <sub>75</sub>	22,2	22,4	11,60	12,08	74,31	75,16
Co <sub>25</sub> Mn <sub>25</sub>	22,4	22,8	11,63	11,91	74,54	75,26
Co <sub>50</sub> Mn <sub>50</sub>	22,7	23,3	11,87	11,96	75,13	75,51
Co <sub>75</sub> Mn <sub>75</sub>	22,2	22,6	11,69	11,89	74,51	75,20
Co <sub>50</sub> +Co <sub>50</sub> *	22,6	23,1	10,63	12,09	75,18	76,34
Mn <sub>50</sub> +Mn <sub>50</sub>	22,5	23,0	11,90	12,05	75,28	75,89

\* – некорневые подкормки в два срока: 1 – бутонизация, 2 – конец цветения – начало образования сизых бобов

При внесении микроэлементов в некорневые подкормки в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов наиболее высокое содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне люпина отмечено в варианте, где некорневые подкормки проводили комплексонатами кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в. – 11,96 и 75,51 г/кг соответственно.

Некорневые подкормки в два срока: в фазу бутонизации и в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов хелатами кобальта и марганца также



значительно повысили содержание критических и незаменимых аминокислот в зерне: при внесении хелата кобальта – на 2,95 и 21,88 г/кг соответственно, при внесении сульфата марганца – на 2,91 и 21,43 г/га.

### ВЫВОДЫ

1. При возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве некорневые подкормки растений кобальтовыми и марганцевыми удобрениями способствовали повышению содержания критических и незаменимых аминокислот в зеленой массе и зерне.

2. Применение хелатов кобальта и марганца привело к более значительному увеличению содержания критических и незаменимых аминокислот в зеленой массе и зерне люпина узколистного в сравнении с неорганическими солями этих микроэлементов.

3. Максимальное увеличение содержания критических и незаменимых аминокислот в урожае люпина узколистного отмечено при внесении хелатов кобальта и марганца в дозе по 50 г/га д.в. в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов: до 10,48 и 58,66 г/кг сухого вещества соответственно в зеленой массе и до 11,96 и 75,51 г/кг сухого вещества в зерне, а также при проведении некорневых подкормок в два срока: в фазу бутонизации и в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов хелатами микроэлементов в тех же дозах.

### 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: Белорус. науч. ин-т внедр. новых форм хоз-я 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. Рот-Майер, Д.А. Использование люпина в кормлении скота / Д. Рот-Майер, Б.Р. Пауликс, О. Штайнхфель // Сейбіт. – 2006. – №2. – С. 4-8.

5. Такунов, И.П. Люпин в земледелии России / И.П. Такунов. – Брянск: Придесенье, 1996. – 372 с.

6. Купцов, Н.С. Стратегия и тактика селекции люпина / Н.С. Купцов // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997. – № 25. – С. 36-41.

7. Власюк, П.А. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений / П.А. Власюк, З.М. Климовицкая. – М.: Колос, 1969. – 160 с.

8. Ягодин, Б.А. Кобальт в жизни растений / Б.А. Ягодин. – М.: Наука, 1970. – 343 с.

9. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И.Р. Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 4. – С. 23-24.

10. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2005. – 14 с.

11. Мироненко, А.В. Белки культурных и дикорастущих растений / А.В. Мироненко, В.И. Домаш, И.В. Рогульченко. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 200 с.

## **INFLUENCE OF COBALT AND MANGANESE FERTILIZERS ON CONTENTS OF AMINO ACID IN GREEN MASS AND GRAIN OF BLUE LUPINE**

**T.G. Nikolaeva**

### **Summary**

Influence of various doses and terms of outside root top-dressing by cobalt and manganese fertilizers on quality of green mass and grain of blue lupine on sod-podzolic light loamy soil is studied. It is established that outside root top-dressing by chelates of cobalt and manganese in doses on 50 g/ha active substance in a phase of the end of flowering – the beginning of grey beans formation and in two terms: in a phase of budding and in a phase of the end of flowering – the beginning of grey beans formation has ensured the optimal amino acidic composition of green mass and a grain.

*Поступила 24 ноября 2010 г.*

УДК 631.81.095.337:633.521

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ И ДОЗ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ЛЬНА МАСЛИЧНОГО**

**Е.Н. Барашкова**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

Лен масличный является ценной технической культурой, источником растительного масла, которое широко применяется в пищевой, медицинской и косметической промышленности. В перспективе планируется увеличение посевных площадей льна масличного. Почвенно-климатические условия позволяют возделывать лен масличный во многих регионах Беларуси и получать 12-20 ц/га семян с содержанием масла в них более 40%. Предварительные расчеты экономической эффективности по реализации его в Республике Беларусь свидетельствуют о высокой рентабельности производства. В РУП «Институт льна» проводятся работы по селекции льна масличного с получением высокопродуктивных сортов. Основными направлениями селекции льна масличного являются скороспелость, высокая семенная продуктивность, высокомасличность, качественный состав масла в зависимости от целей использования, устойчивость к неблагоприятным условиям среды [1-3].

Дальнейшее повышение урожайности и качества льнопродукции невозможно без соблюдения агротехники возделывания этой ценной технической культуры, продукция из которой – масло и волокно широко используются в промышленности.

Основным элементом в технологии возделывания льна масличного является разработка эффективных составов микроудобрений в некорневую подкормку, способствующих повышению урожайности и качества льнопродукции. Лен очень чувствителен к содержанию соединений меди в почве и может служить элементом биотестирования на содержание меди в почве, а также хорошо отзывается на внесение цинка и бора [4].

В последние годы с целью повышения эффективности удобрений важное теоретическое и практическое значение приобретает разработка и исследования хелатных соединений металлов микроэлементов. Микроудобрения, содержащие микроэлементы в органоминеральной и хелатной формах, более технологичны в применении и обеспечивают высокую эффективность при возделывании сельскохозяйственных культур [4, 5].

Целью исследований являлось определение действия различных форм и доз микроудобрений в некорневую подкормку льна масличного, обеспечивающих повышение урожайности и качества семян.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по эффективности некорневых подкормок льна масличного различными формами и дозами микроудобрений проводились на дерново-подзолистой супесчаной почве в полевом опыте в РУП «Экспериментальная база имени Суворова» Узденского района Минской области.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы: pH в KCl – 5,8-6,0; содержание гумуса – 2,5-2,8%,  $P_2O_5$  – 200-225 и  $K_2O$  240-255 мг/кг почвы; подвижных форм меди – 1,6-1,8 и цинка 2,4-3,5 мг/кг, водорастворимого бора – 0,28-0,30 мг/кг почвы.

В опыте возделывался лен масличный Сонечны. Предшественник озимая пшеница.

Схема опыта:

- |                                       |                          |
|---------------------------------------|--------------------------|
| 1. $N_{60}P_{60}K_{120}B_{0,1}$ – фон |                          |
| 2. $Cu_{0,05}$                        | 14. $Cu_{0,05}$          |
| 3. $Cu_{0,075}$                       | 15. $Cu_{0,075}$         |
| 4. $Cu_{0,1}$                         | 16. $Cu_{0,1}$           |
| 5. $Zn_{0,1}$                         | 17. $Zn_{0,1}$           |
| 6. $Zn_{0,2}$                         | 18. $Zn_{0,2}$           |
| 7. $Zn_{0,3}$                         | 19. $Zn_{0,3}$           |
| 8. $Zn_{0,1}Cu_{0,03}$                | 20. $Zn_{0,1}Cu_{0,03}$  |
| 9. $Zn_{0,2}Cu_{0,065}$               | 21. $Zn_{0,2}Cu_{0,065}$ |
| 10. $Zn_{0,3}Cu_{0,1}$                | 22. $Zn_{0,3}Cu_{0,1}$   |
| 11. $B_{0,05}Zn_{0,08}$               | 23. $B_{0,05}Zn_{0,08}$  |
| 12. $B_{0,1}Zn_{0,16}$                | 24. $B_{0,1}Zn_{0,16}$   |
| 13. $B_{0,15}Zn_{0,24}$               | 25. $B_{0,15}Zn_{0,24}$  |

Схема опыта включала варианты с применением в некорневую подкормку возрастающих доз и сочетаний цинка, меди и бора. Некорневые подкормки

льна масличного в фазу «ёлочки» в вариантах 2-13 проводились неорганическими солями микроэлементов, в вариантах 14-25 – жидкими микроудобрениями МикроСтим.

Фоновые удобрения  $N_{60}P_{60}K_{120}$  внесены под предпосевную культивацию в форме мочевины, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия. В некорневую подкормку в фазу «елочки» на всех вариантах фоном вносили борную кислоту в дозе  $B_{0,1}$  кг/га. В форме неорганических солей микроудобрений использовали: сернокислую медь с содержанием меди – 25%, сернокислый цинк с содержанием цинка – 22,7%, борную кислоту с содержанием бора – 17%. В качестве комплексонатов микроэлементов применяли жидкое микроудобрение МикроСтим-Медь Л с содержанием меди 78 г/л, МикроСтим-Цинк с содержанием цинка 80 г/л, МикроСим-Цинк, Медь с содержанием цинка 50 г/л и меди 15 г/л, МикроСтим-Цинк, Бор с содержанием цинка 46 г/л и бора 30 г/л.

В процессе ухода за посевами льна проведена обработка посевов против вредителей по всходам инсектицидом децис экстра (60 мл/га), против сорняков – гербицидами Секатор (125 г/га) и 2М4Х (0,7 л/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 И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В технологии возделывания льна масличного при определении эффективности микроудобрений большое значение имеет оценка урожайности и качества получаемой продукции. Анализ результатов исследований, проведенных на дерново-подзолистой супесчаной почве, свидетельствует о положительном влиянии некорневой подкормки в фазу «елочки» микроэлементами как в органической, так и в минеральной форме на урожайность семян льна масличного. Под влиянием микроудобрений урожайность семян льна в среднем за два года увеличилась на 3,5-7,7 ц/га (табл. 1).

Прибавки урожайности льносемян от некорневой подкормки жидкими микроудобрениями МикроСтим на 22-30% выше, чем от неорганических солей в эквивалентных дозах и составах.

Максимальная прибавка урожайности семян получена при совместном внесении органической формы бора и цинка в дозе соответственно 0,1 и 0,16 кг/га – 7,7 ц/га. При совместном внесении эквивалентной дозы бора и цинка в неорганической форме прибавка урожайности семян была ниже и составила 5,4 ц/га. Внесение этих удобрений в более низких или высоких дозах не способствовало получению более высокой урожайности и обеспечивало прибавку льносемян на уровне 4,9-5,4 ц/га.

**Влияние различных форм и доз микроэлементов  
на урожайность семян льна масличного, ц/га**

Варианты	Неорганические соли микроэлементов				Жидкие микроудобрения МикроСтим			
	2006 г.	2008 г.	средняя	прибавка	2006 г.	2008 г.	средняя	прибавка
1. N <sub>60</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> B <sub>0,1</sub> –фон	22,3	22,8	22,6	-	22,3	22,8	22,6	-
2. Cu <sub>0,05</sub>	26,6	26,0	26,3	3,7	26,4	27,9	27,1	4,5
3. Cu <sub>0,075</sub>	26,8	26,5	26,7	4,1	30,0	26,9	28,5	5,9
4. Cu <sub>0,1</sub>	27,9	27,0	27,5	4,9	26,8	26,8	26,8	4,2
5. Zn <sub>0,1</sub>	27,5	26,4	27,0	4,4	29,8	27,8	28,8	6,2
6. Zn <sub>0,2</sub>	25,6	26,6	26,1	3,5	27,4	30,0	28,7	6,1
7. Zn <sub>0,3</sub>	26,4	26,7	26,6	4,0	27,1	27,0	27,0	4,4
8. Zn <sub>0,1</sub> Cu <sub>0,03</sub>	29,4	27,0	28,2	5,6	31,2	28,3	29,8	7,2
9. Zn <sub>0,2</sub> Cu <sub>0,065</sub>	29,2	28,6	28,9	6,3	25,6	30,2	27,9	5,3
10. Zn <sub>0,3</sub> Cu <sub>0,1</sub>	28,2	27,8	28,0	5,4	27,2	28,0	27,6	5,0
11. B <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,08</sub>	28,3	27,5	27,9	5,3	27,3	28,1	27,7	5,1
12. B <sub>0,1</sub> Zn <sub>0,16</sub>	28,5	27,4	28,0	5,4	31,1	29,4	30,3	7,7
13. B <sub>0,15</sub> Zn <sub>0,24</sub>	28,0	27,0	27,5	4,9	28,0	27,6	27,8	5,2
HCP <sub>05</sub>	2,3	2,2	2,0		2,3	2,2	2,0	

Результаты исследований свидетельствуют о высокой отзывчивости культуры на цинковое и медное удобрение и их совместное внесение. При совместном внесении цинка и меди в среднем по дозам и формам внесения прибавки урожайности семян до 1,4 раза выше, чем при их раздельном применении. Повышение эффективности от совместного внесения данных элементов по сравнению с раздельным объясняется проявлением синергизма. Наибольшая прибавка урожайности семян (7,2 ц/га) была получена при совместном внесении в некорневую подкормку цинка и меди в органической форме в дозах соответственно 0,1 и 0,03 кг/га. При раздельном внесении цинковых и медных удобрений наиболее эффективно оказалось применение жидкого микроудобрения МикроСтим-Цинк в дозе 0,1 кг/га д.в. и МикроСтим-Медь в дозе 0,075 кг/га д.в., обеспечивающих прибавки урожайности семян 6,2 ц/га и 5,9 ц/га соответственно.

При совместном применении цинка и меди в неорганической форме наибольшая прибавка урожайности семян 6,3 ц/га была получена при дозе внесения 0,2 и 0,065 кг/га. Раздельное применение этих солей по дозам внесения обеспечивало прибавку урожайности на уровне 3,5-4,9 ц/га.

Наиболее важным показателем, определяющим качество семян льна масличного, является содержание масла. Показатель масличности льносемян различался по годам исследований. В 2006 году содержание масла в семенах было выше, чем в 2008 году. В среднем за годы исследований содержание масла в семенах льна с внесением в некорневую подкормку микроудобрений повышалось по вариантам опыта с 32,5 до 36,7%, при содержании в фоновом варианте 30,8% (табл. 2).

**Влияние микроэлементов на масличность и сбор масла  
льна масличного (среднее за 2006, 2008 гг.)**

Варианты	Неорганические соли микроэлементов			Жидкие микроудобрения МикроСтим		
	маслич- ность, %	сбор масла, ц/га	прибав- ка сбора масла, ц/га	маслич- ность, %	сбор масла, ц/га	прибав- ка сбора масла, ц/га
1. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> B <sub>0,1</sub> – фон	30,8	7,0	-	30,8	7,0	-
2. Фон + Cu <sub>0,05</sub>	33,3	8,8	1,8	36,4	9,9	2,9
3. Фон + Cu <sub>0,075</sub>	34,4	9,2	2,2	33,1	9,5	2,5
4. Фон + Cu <sub>0,1</sub>	34,0	9,4	2,4	33,9	9,1	2,1
5. Фон + Zn <sub>0,1</sub>	33,6	9,1	2,1	32,5	9,4	2,4
6. Фон + Zn <sub>0,2</sub>	34,0	8,9	1,9	32,8	9,3	2,3
7. Фон + Zn <sub>0,3</sub>	35,2	9,4	2,4	33,4	9,0	2,0
8. Фон + Zn <sub>0,1</sub> Cu <sub>0,03</sub>	34,2	9,7	2,7	33,2	10,0	3,0
9. Фон + Zn <sub>0,2</sub> Cu <sub>0,065</sub>	34,6	10,0	3,0	34,9	9,7	2,7
10. Фон + Zn <sub>0,3</sub> Cu <sub>0,1</sub>	33,8	9,5	2,5	35,0	9,7	2,7
11. Фон + B <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,08</sub>	35,2	9,8	2,8	33,7	9,3	2,3
12. Фон + B <sub>0,1</sub> Zn <sub>0,16</sub>	34,2	9,6	2,6	33,7	10,2	3,2
13. Фон + B <sub>0,15</sub> Zn <sub>0,24</sub>	35,4	9,7	2,7	34,6	9,6	2,6
НСР <sub>05</sub>	1,52					

Важным критерием оценки применения удобрений является сбор масла с единицы площади, величина которого в большей мере зависела от урожайности семян. Применение микроэлементов в некорневую подкормку льна способствовало повышению урожайности и масличности льносемян, а также сбора масла с 1 гектара. Максимальная прибавка сбора масла была получена от совместного применения органической формы бора и цинка в дозах 0,1 и 0,16 кг/га, которая составила 3,2 ц/га. Совместное внесение цинка и меди в органической форме в дозах 0,1 и 0,03 кг/га обеспечивало прибавку сбора масла 3,0 ц/га. Применение неорганических солей цинка и меди в некорневую подкормку обеспечивало равнозначную прибавку сбора масла при более высоких дозах, которые составляют соответственно 0,2 и 0,065 кг/га.

Применение различных форм и доз микроудобрений на посевах льна не оказывало существенного влияния на жирнокислотный состав семян льна (табл. 3). В годы исследований отмечаются некоторые различия по жирнокислотному составу семян льна масличного, что, вероятно, связано с особенностями формирования урожая под влиянием погодных условий. При этом содержание пальмитиновой и стеариновой кислот по вариантам опыта стабильно и составляло 6,00-6,72% и 3,46-4,24% соответственно. По содержанию олеиновой кислоты в 2008 г. отмечается тенденция к её повышению. В 2006 г. пределы содержания этой кислоты в семенах льна по вариантам опыта составляли от 14,28 до 16,44%, а в 2008 г. от 15,34% до 17,61%. Содержание линоленовой кислоты в масле незначительно повышалось в 2006, а линолевой в 2008 г. Содержание линоленовой кислоты в 2006 г. в пределах опыта составляло 65,72-71,2%, а в 2008 г. – 62,68-66,2%, линолевой – 3,42-7,49 и 7,28-9,85% соответственно.

Таблица 3

**Жирнокислотный состав семян льна в зависимости от доз  
и форм микроудобрений**

Варианты	Содержание жирных кислот в масле, %									
	пальмитиновая		стеариновая		олеиновая		линолевая		линоленовая	
	2006 г	2008 г	2006 г	2008 г	2006 г	2008 г	2006 г	2008 г	2006 г	2008 г
1. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> B <sub>0,1</sub> -фон	6,38	6,40	3,85	3,65	15,44	16,40	5,09	8,00	68,72	64,85
Неорганические соли микроэлементов										
2. Фон + Cu <sub>0,05</sub>	6,36	6,22	4,05	3,76	15,34	16,09	5,81	7,65	67,64	65,54
3. Фон + Cu <sub>0,075</sub>	6,18	6,27	3,88	3,75	14,87	16,06	5,16	8,53	69,00	64,63
4. Фон + Cu <sub>0,1</sub>	6,03	6,13	3,91	3,70	14,65	15,96	7,32	7,28	67,17	66,20
5. Фон + Zn <sub>0,1</sub>	6,29	6,05	3,82	3,68	14,52	16,17	5,84	7,96	68,98	65,39
6. Фон + Zn <sub>0,2</sub>	6,26	6,40	3,85	3,84	14,46	16,67	3,42	8,15	71,20	64,16
7. Фон + Zn <sub>0,3</sub>	6,00	6,41	3,93	3,86	15,05	16,32	4,43	8,68	69,56	63,98
8. Фон + Zn <sub>0,1</sub> Cu <sub>0,03</sub>	6,05	6,25	3,74	3,80	14,28	16,25	5,48	7,72	69,70	65,20
9. Фон + Zn <sub>0,2</sub> Cu <sub>0,065</sub>	6,40	6,63	3,83	3,71	14,36	16,23	4,92	8,47	70,03	64,31
10. Фон + Zn <sub>0,3</sub> Cu <sub>0,1</sub>	6,30	6,27	3,86	3,78	15,11	15,79	4,87	9,85	69,05	63,58
11. Фон + B <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,08</sub>	6,47	6,49	3,91	3,72	15,61	15,74	5,14	9,00	68,27	64,33
12. Фон + B <sub>0,1</sub> Zn <sub>0,16</sub>	6,33	6,72	3,87	3,62	15,32	15,34	5,94	8,50	67,72	65,21
13. Фон + B <sub>0,15</sub> Zn <sub>0,24</sub>	6,35	6,36	3,78	3,78	14,78	15,67	4,66	7,99	69,74	65,46
Жидкие микроудобрения МикроСтим										
14. Фон + Cu <sub>0,05</sub>	6,44	6,40	4,22	3,66	16,44	15,74	6,09	8,41	65,72	65,03
15. Фон + Cu <sub>0,075</sub>	6,60	6,47	4,24	3,46	15,81	16,86	5,85	8,81	66,84	63,58
16. Фон + Cu <sub>0,1</sub>	6,63	6,65	3,74	3,58	15,22	16,92	4,71	8,12	68,99	63,99
17. Фон + Zn <sub>0,1</sub>	6,23	6,41	3,79	3,59	15,61	16,19	7,20	7,81	66,14	65,25
18. Фон + Zn <sub>0,2</sub>	6,45	6,26	3,82	3,65	15,28	16,33	4,02	8,75	69,93	64,26
19. Фон + Zn <sub>0,3</sub>	6,61	6,43	4,03	3,72	15,82	15,77	5,15	9,33	67,69	64,12
20. Фон + Zn <sub>0,1</sub> Cu <sub>0,03</sub>	6,25	6,12	3,68	3,55	15,24	15,73	5,99	8,17	67,92	65,70
21. Фон + Zn <sub>0,2</sub> Cu <sub>0,065</sub>	6,44	6,51	3,78	3,56	15,01	17,61	5,38	8,92	68,90	62,68
22. Фон + Zn <sub>0,3</sub> Cu <sub>0,1</sub>	6,25	6,48	3,92	3,60	14,89	16,00	4,93	9,00	69,10	63,00
23. Фон + B <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,08</sub>	6,41	6,46	3,75	3,83	14,60	15,78	5,73	9,53	68,94	63,70
24. Фон + B <sub>0,1</sub> Zn <sub>0,16</sub>	6,48	6,34	3,93	3,94	15,42	15,71	7,49	9,34	65,95	63,92
25. Фон + B <sub>0,15</sub> Zn <sub>0,24</sub>	6,40	6,38	3,69	3,94	14,66	15,70	4,38	8,86	70,17	64,38

## ВЫВОДЫ

1. Применение различных форм и доз микроудобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой супесчаной почве способствовало повышению урожайности семян льна. Прибавки урожайности семян от некорневой подкормки жидкими микроудобрениями МикроСтим на 22-30% выше, чем от неорганических солей в эквивалентных дозах и составах. Наиболее эффективно внесение в некорневую подкормку удобрения МикроСтим-Цинк, Бор в дозах 0,16 и 0,1 кг/га д.в. и МикроСтим-Цинк, Медь в дозах 0,1 и 0,03 кг/га д.в.

2. Некорневые подкормки льна масличного микроудобрениями повышали содержание масла и не оказывали существенного влияния на жирнокислотный состав семян льна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богдан, Т.М. Лен масличный – источник растительного масла в республике Беларусь / Т.М. Богдан, Л.М. Полонецкая // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: тезисы юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию образ. ин-та землед., Жодино, 29 июня 2007 г. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по землед. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 114-117.
2. Маковский, Н. Что необходимо для выращивания масличного льна / Н. Маковский, В.П. Самсонов // Агроэкономика. – 2004. – №9. – С.44-45.
3. Самонов, В.П. Льняное масло в Беларуси / В.П. Самсонов, Н.Маковский // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – №11. – С.34-35.
4. Эффективность комплексов микроэлементов и регуляторов роста растений при некорневых подкормках льна-долгунца / С.Ф. Ходянова, В.П. Дуктов, Л.А. Гомолко // Почвенные исследования и применение удобрений: межведомственный тематический сборник / Институт почвоведения и агрохимии – Минск, 2003. – №27. – С. 206-219.
5. Применение жидких комплексных микроудобрений МикроСил при возделывании льна-долгунца и льна масличного: рекомендации. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2009. – 20 с.

## INFLUENCE OF VARIOUS FORMS AND DOSES OF MICROFERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF OIL FLAX SEEDS

E.N. Barashkova

### Summary

In the field experiences with oil flax cultivation the influence of outside root application various forms and doses of microfertilizers on productivity and quality of oil flax seeds soil has been studied. Experimental data shown that the maximal increases of flax seeds yield are received at joint entering of microfertilizers MicroStim – Zinc, Boron in doses of 0.16 and 0.1 kg/ha and MicroStim – Zinc, Copper in doses of 0.1 and 0.03 kg/ha active substance. Outside root application of oil flax microfertilizers increases of crude oil content in seeds.

*Поступила 13 декабря 2010 г.*



## **ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ КАЛИПЛАНТ НА КАЧЕСТВО ГОРОХА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**Н.А. Михайловская, Е.Г. Тарасюк, Д.В. Маркевич**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Горох – основная зернобобовая культура в Беларуси, имеющая важное продовольственное и кормовое значение. Ценность его определяется высокой урожайностью зерна и зеленой массы, богатыми белком и другими питательными веществами. В зерне гороха содержится 25-30% белка, 1,1-1,5% жира и 5-6% клетчатки [1].

Поскольку зернобобовые содержат больше питательных веществ в единице урожая, то и потребность в элементах минерального питания у них выше по сравнению с другими культурами [2]. Улучшение калийного питания гороха оказывает влияние на уровень урожайности и качество продукции. В настоящее время имеется достаточно данных о связи между интенсивностью синтеза белков в растениях и режимом калийного питания. При недостатке калия снижается продуктивность фотосинтеза, отмечается значительное торможение оттока продуктов фотосинтеза из листьев. Критический период потребления калия растениями отмечается на ранних фазах роста, в первые 15 дней после всходов [2]. Наибольшее количество калия растения потребляют, как правило, в период интенсивного прироста биологической массы. Интенсивность поступления калия в растения гороха снижается к фазе цветения – начало молочной спелости.

Разработанное в Институте почвоведения и агрохимии бактериальное удобрение Калиплант [3] стимулирует развитие корневой системы [4, 5] и улучшает минеральное питание растений [6, 8]. При недостатке доступного калия в почве внесение Калипланта активизирует его мобилизацию из труднодоступных форм [6, 7]. Разностороннее положительное воздействие Калипланта на режим питания инокулированных культур приводит к повышению их урожайности и качества. Повышение эффективности микробной мобилизации калия – одно из перспективных направлений биологизации растениеводства, экономически обоснованное и исключающее экологический риск.

Цель наших исследований заключалась в установлении влияния Калипланта на урожайность и качество гороха при разной обеспеченности дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы калием и внесении калийных удобрений.

### **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования проведены в стационарном полевом опыте в СПК «Хотляны» (Узденский р-н Минская обл.) в 2006 и 2008 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная с мощной прослойкой песка (60-80 см) на контакте с размытой мореной. Возделывали горох посевной сорт WSB 1.132128, который характеризуется высокими пищевыми и кормовыми достоинствами. Агрохимичес-

кие свойства пахотного слоя: рН (KCl) 6,0-6,2, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 300-350 мг/кг, гумуса – 2,64-2,71%, обменного кальция (CaO) – 800-850 мг/кг, обменного магния – (MgO) 140-150 мг/кг.

В эксперименте созданы четыре уровня обеспеченности почвы подвижным калием. В 2006 и 2008 гг. содержание подвижного калия составило: первый уровень – 94, второй – 146, третий – 164 и четвертый – 201 мг/кг  $K_2O$ . Доза фосфорных удобрений 30-60 кг/га ( $P_2O_5$ ). В 2006 г. эффективность Калипланта на посевах гороха изучена на вариантах: контроль, фон  $N_{30}P_{60}$ . В 2008 г. схема опыта включала: контроль, фон  $N_{30}P_{60}$ , фон +  $K_{60}$ , фон +  $K_{90}$ , фон +  $K_{120}$ . Общая площадь опытных участков – 45 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 24 м<sup>2</sup>.

Способ внесения Калипланта – обработка посевов в начале вегетации. Для обработки посевов использовали жидкую препаративную форму бактериального удобрения.

Качество продукции зерновых культур оценивали по содержанию белка и его аминокислотному составу, которые определяют биологическую ценность продукции [9]. Содержание аминокислот в белке определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Биологическую ценность продукции оценивали общепринятыми методами [9]. По содержанию незаменимых и критических аминокислот в белке вычисляли аминокислотный скор и химическое число. Аминокислотный скор (%) характеризует содержание аминокислот в белке по отношению к требованиям ФАО/ВОЗ (аминокислотная шкала ФАО/ВОЗ). Химическое число (%) характеризует содержание аминокислот в белке зерна по отношению к идеальному белку (цельное яйцо).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что применение бактериального удобрения Калиплант повышало урожайность гороха на всех изученных уровнях обеспеченности почвы калием. Уровень прибавок урожайности зависел от содержания подвижного калия в почве, что указывает на взаимосвязь эффективности Калипланта и активности микробной мобилизации калия с содержанием его подвижных форм в почве.

Существенные различия урожайности гороха по годам исследований были связаны с агрометеорологическими условиями. Вегетационный период 2006 г. (ГТК 2,0) характеризовался дефицитом осадков, что привело к снижению урожайности зерна. В 2008 г. ГТК составил 1,6, что практически соответствовало среднемноголетней величине (ГТК 1,54) и обеспечило высокую урожайность гороха (табл. 1).

Несмотря на то, что Калиплант эффективен при разной обеспеченности почвы калием, наибольший эффект отмечается при относительном его дефиците в дерново-подзолистой супесчаной почве – в пределах 94-164 мг/кг  $K_2O$ . Прибавки зерна гороха на фоне внесения  $N_{30}P_{60}$  составляли 2,0-2,8 ц/га в условиях засушливого 2006 г. и 3,7-4,0 ц/га при благоприятных условиях 2008 г. (табл. 1).

Изучено влияние возрастающих доз калийных удобрений на урожайность гороха. Установлено, что на первом уровне обеспеченности почвы  $K_2O$  (94 мг/кг) статистически достоверные прибавки от Калипланта, 2-4 ц/га зерна, получены на фонах  $N_{30}P_{60}$ ,  $N_{30}P_{60}K_{60}$  и  $N_{30}P_{60}K_{90}$ . На втором уровне содержания калия в почве (146 мг/кг  $K_2O$ ) повышение урожайности от Калипланта, 1,7-3,7 ц/га зерна, отмечено на фонах внесения  $N_{30}P_{60}$  и  $N_{30}P_{60}K_{60}$ . На третьем уровне обеспеченности

почвы калием (164 мг/кг K<sub>2</sub>O) достоверная прибавка урожайности от Калипланта получена только на фоне внесения N<sub>30</sub>P<sub>60</sub> удобрений. Применение Калипланта в сочетании с калийными удобрениями на третьем (164 мг/кг) и четвертом (201 мг/кг) уровнях обеспеченности почвы K<sub>2</sub>O не приводило к повышению урожайности, а полученные прибавки были статистически недостоверны (табл. 1). Негативное влияние на урожайность связано с нарушением баланса элементов питания, высоким содержанием K<sub>2</sub>O в почве и внесением высокой дозы калийного удобрения.

Таблица 1

**Влияние Калипланта на урожайность гороха на дерново-подзолистой супесчаной почве при разной обеспеченности калием и внесении калийных удобрений (СПК «Хотляны», 2006, 2008 гг.)**

Вариант	Урожайность, ц/га				
	2006 г.	2008 г.			
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>
1-й уровень, 94 мг/кг K <sub>2</sub> O					
Контроль	13,9	44,3	48,4	53,1	57,5
Калиплант	16,7	48,3	51,0	55,1	57,6
Прибавка	2,8	4,0	2,6	2,0	0,1
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O					
Контроль	16,5	58,3	60,6	63,2	65,9
Калиплант	18,5	62,0	62,3	63,6	65,4
Прибавка	2,0	3,7	1,7	0,4	-0,5
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O					
Контроль	16,9	61,7	63,5	65,1	66,9
Калиплант	19,3	63,6	63,7	65,6	66,1
Прибавка	2,4	1,9	0,2	0,5	-0,8
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O					
Контроль	18,3	62,8	64,5	66,2	63,8
Калиплант	18,6	63,5	65,2	66,7	63,5
Прибавка	0,3	0,7	0,7	0,5	-0,3
НСР <sub>05</sub> уровни K <sub>2</sub> O	0,79	2,45			
бактеризация	1,12	1,73			

Важнейшими показателями качества сельскохозяйственной продукции являются содержание белка и его аминокислотный состав, которые определяют биологическую ценность продукции [9]. Зернобобовые культуры играют важную роль как источники растительного белка, обеспечивая продукты питания и корма с высоким содержанием протеина. Бобовые культуры способны полностью обеспечить себя азотом за счет его усвоения из атмосферы в симбиозе с клубеньковыми бактериями. Для формирования полноценного симбиоза бобовых культур с клубеньковыми бактериями необходима также оптимизация калийного и фосфорного питания. Содержание калия и фосфора в почве оказывает значительное влияние на формирование бобово-ризобияльного симбиоза. Одним из основных показателей эффективности симбиотических отношений является

численность активных клубеньков. Оптимизация минерального питания способствует образованию дополнительного количества клубеньков и, в итоге, приводит к повышению урожая и содержания белка [10, 11].

В качестве альтернативного источника калия может использоваться бактериальное удобрение Калиплант. При возделывании гороха WSB 1.132128 в 2006 и 2008 гг. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве на трех уровнях содержания  $K_2O$  (94-164 мг/кг) отмечено достоверное повышение содержания сырого белка в зерне гороха на 0,4-4,4% за счет применения Калипланта на фонах  $N_{30}P_{60}$  (табл. 2, 3). При внесении возрастающих доз калийных удобрений повышение содержания белка в зерне гороха за счет Калипланта отмечено только на фоне  $N_{30}P_{60}K_{60}$  (табл. 3).

Таблица 2

**Влияние Калипланта на биологическую ценность зерна гороха при разной обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы калием (фон  $N_{30}P_{60}$ , СПК «Хотляны», 2006 г.)**

Вариант опыта	Белок, %	Содержание аминокислот, мг/г белка		Биологическая ценность белка, % к ФАО/ВОЗ	
		незаменимых	критических	незаменимых	критических
1-й уровень, 94 мг/кг $K_2O$					
Контроль	24,9	97,9	289,7	82	92
Калиплант	27,9	98,6	292,9	83	93
2-й уровень, 146 мг/кг $K_2O$					
Контроль	23,5	94,7	278,0	80	89
Калиплант	27,9	120,3	355,9	101	113
3-й уровень, 164 мг/кг $K_2O$					
Контроль	23,9	99,5	294,3	84	94
Калиплант	28,3	112,9	341,7	95	109
4-й уровень, 201 мг/кг $K_2O$					
Контроль	26,2	95,4	295,3	80	94
Калиплант	26,5	96,7	287,7	81	92
НСП <sub>05</sub> уровни $K_2O$	1,17	2,65	10,10		
бактеризация	0,83	2,45	5,12		

Калиплант повышает биологическую ценность белка гороха за счет улучшения его аминокислотного состава. По биологической ценности белок гороха, выращенного с применением Калипланта, приближается к требованиям ФАО/ВОЗ. Скор незаменимых аминокислот при возделывании гороха в 2006 г. достигал 8-113% по отношению к шкале ФАО/ВОЗ. Наибольший положительный эффект от Калипланта отмечен на втором (146 мг/кг) и третьем (164 мг/кг) уровнях содержания калия в почве, аминокислотный скор повышался на 24% и на 15% соответственно, что подтверждает положительную роль бактеризации в формировании полноценного по аминокислотному составу белкового комплекса зерна гороха (табл. 2).

Таблица 3

**Влияние Калипланта на содержание белка в зерне гороха в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы калием и доз калийных удобрений (СПК «Хотляны», 2008 г.)**

Вариант	Содержание белка, %			
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>
1-й уровень, 4 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Контроль	18,1	19,2	20,4	21,3
Калиплант	18,8	19,6	20,5	21,6
2-й уровень, 146 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Контроль	19,2	19,9	20,7	21,8
Калиплант	19,9	20,1	20,8	21,8
3-й уровень, 164 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Контроль	20,2	21,4	22,2	22,9
Калиплант	20,6	21,6	22,5	23,1
4-й уровень, 201 мг/кг K <sub>2</sub> O				
Контроль	21,4	22,6	23,6	23,9
Калиплант	22,0	22,8	23,6	23,8
НСП <sub>05</sub> уровни K <sub>2</sub> O бактеризация	0,13 0,11			

Белок гороха содержит все незаменимые аминокислоты, благодаря чему характеризуются высокой биологической ценностью. Горох является хорошим источником одной из наиболее ценных критических аминокислот – лизина (6,5% в сыром белке) [12].

Установлено, что внесение калиймобилизирующих бактерий способствовало повышению такой важной для сбалансированного питания человека аминокислоты как лизин в зерне гороха. Наиболее значимый эффект от Калипланта отмечен на втором (146 мг/кг) и третьем (164 мг/кг) уровнях содержания K<sub>2</sub>O в почве.

Применение бактериального удобрения оказывает влияние не только на содержание белка, но и на его качество, что подтверждают результаты исследований по оценке влияния некорневого внесения Калипланта на качество белка гороха при внесении возрастающих доз калийных удобрений. Положительное влияние Калипланта на скор критических аминокислот (рис. 1) и незаменимых аминокислот (рис. 2) установлено на первом, втором и третьем уровнях насыщения калием при содержании K<sub>2</sub>O в пределах 94-164 мг/кг почвы и только на фонах внесения N<sub>30</sub>P<sub>60</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Таким образом, экспериментальные данные показывают, что бактериальное удобрение Калиплант на основе калиймобилизирующих бактерий оказывает положительное влияние на аминокислотный состав белка гороха. Эффект от Калипланта зависит от обеспеченности почвы калием и доз калийных удобрений.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве применение Калипланта способствовало повышению биологической ценности гороха WSB-1.132128 при относительном дефиците калия, при содержании  $K_2O$  в почве 94-164 мг/кг на фонах  $N_{30}P_{60}$  и  $N_{30}P_{60}K_{60}$ .

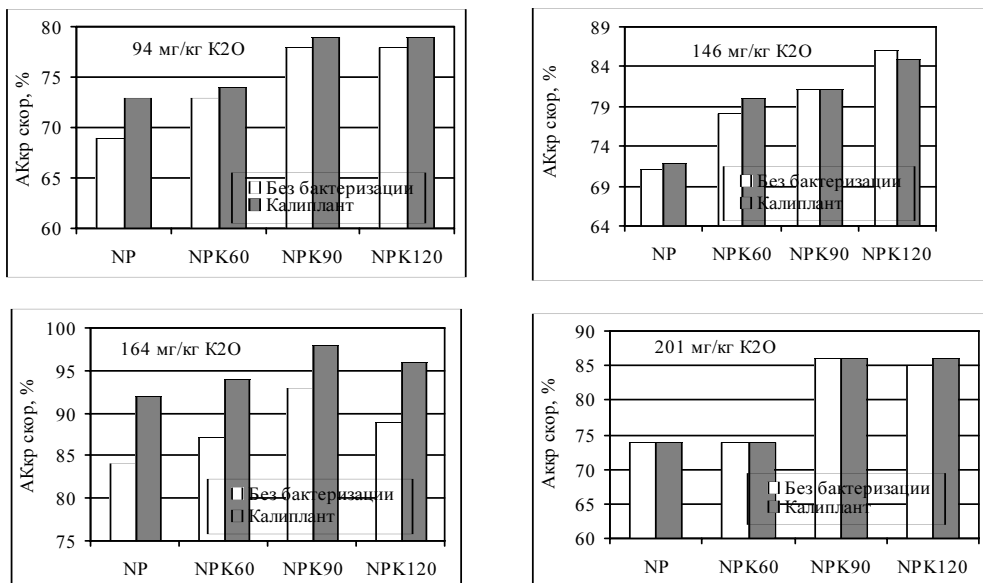


Рис. 1. Влияние Калипланта на скор критических аминокислот в зависимости от обеспеченности почвы калием и доз калийных удобрений (СПК «Хотляны», 2008 г.)

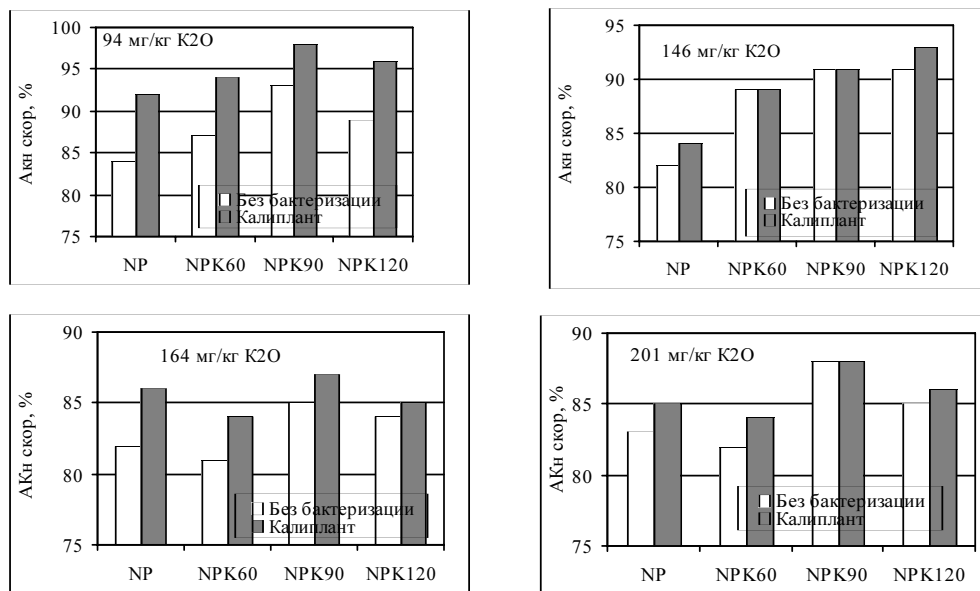


Рис. 2. Влияние Калипланта на скор незаменимых аминокислот в зависимости от обеспеченности почвы калием и доз калийных удобрений (СПК «Хотляны», 2008 г.)

Применение бактериальных удобрений – одно из перспективных направлений биологизации растениеводства, позволяющее эффективнее использовать потенциал основных биологических компонентов агроценозов, растений и микроорганизмов. К преимуществам бактериальных удобрений относится их полная безопасность для человека и окружающей среды, исключение экологического риска, возможность частичного ограничения доз минеральных удобрений, а также невысокая стоимость по сравнению с минеральными удобрениями.

### ВЫВОДЫ

1. Установлена эффективность применения бактериального удобрения Калиплант в сочетании на фонах  $N_{30}P_{60}$  и  $N_{30}P_{60}K_{60}$  при возделывании гороха на дерново-подзолистых супесчаных почвах с содержанием калия в диапазоне 94-164 мг/кг почвы. Достоверные прибавки урожайности зерна за счет применения Калипланта составили 2-4 ц/га.

2. Установлено положительное влияние Калипланта на качество зерна гороха. Эффективность Калипланта по влиянию на качество продукции зависела от обеспеченности почвы подвижными формами калия. При внесении Калипланта на фоне  $N_{30}P_{60}$  отмечено повышение содержания белка в зерне гороха на 0,4-4,0% при содержании  $K_2O$  в почве в диапазоне 94-164 мг/кг. Улучшение аминокислотного состава белка гороха установлено на фонах внесения  $N_{30}P_{60}$  и  $N_{30}P_{60}K_{60}$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУ Аинформ, 2000. – 264 с.
2. Воробьев, В.А. Эффективность инокуляции бобовых растений в зависимости от обеспеченности их фосфором и калием при различной температуре ризосферы / В. А. Воробьев // Агрохимия. – 2000. – №2. – С.42-44.
3. Штамм бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д для бактериализации семян зерновых культур: пат. 9646 Респ. Беларусь, МПК С 12 N 1/20, А 01 N 63/00 / Н.А Михайловская, И.М. Богдевич, О.В. Журавлева, Т.Б. Барашенко, Н.Н. Курилович, С.В. Дюсова; заявитель РУП «Институт почвоведения и агрохимии» – № а 20050228; заявл. 10.03.2005 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4 (57). – С. 112.
4. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 225-231.
5. Михайловская, Н.А. Влияние ризобактерий на развитие инокулированных растений / Н.А. Михайловская, Т.Б. Барашенко, Т.В. Барашенко // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы Междунар. научно-практ. конф., Горки, 6-7 июня 2007 г. / БГСХА, Горки, 2007. – С. 225-229.
6. Михайловская, Н.А. Количественная оценка активности калиймобилизующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н.А. Михайловская // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2006. – № 3. – С. 41-46.
7. Михайловская, Н.А. Способность ризобактерий к мобилизации почвенного калия / Н.А. Михайловская, Л.Н. Лученок // Фосфор и калій у землеробстві.

Проблеми мікробіологічної мобілізації: матеріали Міжнарод. научно-практ. конф., Чернігов-Харьков, 12-14 июля 2004 г. / Ин-т с.-х микробиологии; Ин-т почвоведения и агрохимии; Международ. Инст. Калия. – Чернігов-Харьков, 2004 г. – С. 223-232.

8. Mikhailouskaya, N. K-mobilizing bacteria and their effect on wheat yield / N. Mikhailouskaya, A. Tchernysh // Agronomijas vestis (Latvian Journal of Agronomy). – 2005. – V. 8. – P. 147-150.

9. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2005. – 14с.

10. Садыков, Б.Ф. Биологическая фиксация азота в агроценозах / Б.Ф. Садыков. – Уфа, 1989. – С.20-38.

11. Посыпанов, Г.С. Азотфиксация бобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий / Г.С. Посыпанов. – М: Наука, 1985. С.75-84.

12. Кукреш, Л.В. Зернобобовые культуры / Л.В. Кукреш, Н.П. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1992. – 255с.

## EFFECT OF BIOFERTILIZER KALIPLANT ON THE QUALITY OF PEA GROWN ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL

N.A. Mikhajlovskaya, E.G. Tarasyuk, D.V. Markevich

### Summary

It was found that application of biofertilizer Kaliplant for pea growing on Luvisol loamy sand soil characterized by 94-164 mg/kg K<sub>2</sub>O content results in the increase of pea grain yield by 2-4 c/ha, protein content in grain by 0.4-4.0% and in the improvement of protein biological value as well.

*Поступила 5 октября 2010 г.*

УДК 633.494:631.5

## ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОДСОЛНЕЧНИКА

В.В. Бобовкина<sup>1</sup>, В.А. Радовня<sup>1</sup>, Н.А. Михайловская<sup>2</sup>, И.Г. Бруй<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Полесский институт растениеводства, Мозырский р-н, п. Кричиный, Беларусь

<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Жодино, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Подсолнечник является одной из основных масличных культур. В настоящее время в мире ежегодно производится 28-30 млн. тонн семян товарного под-



солнечника, в том числе в странах ЕС около 6 млн. тонн, в России – 6,0 млн. тонн, в Украине – 5 млн. тонн. Значительные площади посевов подсолнечника в южных регионах Западной Европы, в США и Китае. В Беларуси промышленные посевы масличного подсолнечника занимают в среднем 4-6 тыс. га. Средняя урожайность за последние годы составляет примерно 15 ц/га. Благодаря высокой засухоустойчивости и невысокой требовательности к почвенным условиям возделывание подсолнечника перспективно в южных и юго-восточных районах Беларуси [1, 3].

В ближайшей перспективе в республике площади посевов подсолнечника могут достичь 20-25 тыс. га, преимущественно в Гомельской, Брестской и на юге Могилевской областей. В Гродненской и Минской областях подсолнечник по урожайности уступает озимому рапсу, который в климатических условиях этих областей лучше перезимовывает. В Беларуси подсолнечник может рассматриваться также как страховая культура, и в случае гибели озимого рапса подсолнечник, наряду с яровым рапсом, способны обеспечить производство сырья для маслоперерабатывающих предприятий. При этом посевы подсолнечника, как наиболее урожайной масличной культуры, могут достичь 60-80 тыс. га [2].

В настоящее время в республике районирован ряд гибридов подсолнечника как зарубежной, так и отечественной селекции. Однако особенности технологии возделывания этой культуры в наших условиях не достаточно изучены. В условиях среднекультуренных дерново-подзолистых супесчаных почв республики при возделывании гибрида Донской-22 было установлено, что наиболее высокая урожайность маслосемян получена при внесении средних доз минеральных удобрений,  $N_{60}P_{60}K_{90}$ , при этом отмечены наилучшие показатели массы 1000 зерен и относительно низкая лузжистость [4]. Известно, что подсолнечник имеет мощную корневую систему и способен потреблять элементы питания из глубоких слоев почвы [3]. Повышение доз азотных удобрений с 60 до 150 кг/га приводит к снижению урожайности и качества подсолнечника, отмечается уменьшение диаметра корзинки и снижение массы 1000 семян [4].

К настоящему времени недостаточно изучена эффективность регуляторов роста и бактериальных препаратов на посевах подсолнечника. Это направление исследований актуально, так как регуляторы роста и бактериальные удобрения могут способствовать биологизации возделывания подсолнечника и использованию биологических механизмов стимуляции роста и питания растений.

Цель исследований – установить влияние регуляторов роста и бактериальных удобрений на рост, развитие, продуктивность и качество подсолнечника Донской-22 F<sub>1</sub> на дерново-подзолистой супесчаной почве.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в полевых опытах РНДУП «Полесский институт растениеводства». Возделываемая культура масличного подсолнечника – гибрид Донской-22 F<sub>1</sub> (Россия).

Почва опытного участка дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, подстилаемая моренным суглинком с глубины более 1 м. Агрохимические показатели почвы колебались по годам исследований в следующих пределах:  $pH_{КС1}$  – 5,6-6,0; содержание подвижного фосфора  $P_2O_5$  -146-162 мг/кг; обменного калия  $K_2O$  – 154-180 мг/кг; содержание гумуса – 1,4%. Учётная площадь делянки в 2001-

2002 г. составляла 1 м<sup>2</sup>, повторность шестикратная. В 2003 г. учётная площадь делянки составляла 28 м<sup>2</sup>, повторность четырёхкратная.

Предшественником подсолнечника были озимые пшеница и тритикале. Обработка почвы включала лущение стерни, вспашку и культивацию КПС-4, предпосевная обработка почвы проводилась агрегатом АКШ-3,6. Минеральные удобрения вносили из расчета N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> под предпосевную культивацию и дополнительно N<sub>30</sub> – в подкормку под вторую междурядную обработку культиватором-растениепитателем.

Семена подсолнечника обрабатывали регуляторами роста Сейбит, Агат-25 К и оксидат торфа. Семена замачивали за 2-3 дня до посева, доза оксидата торфа и Агата составила 20-60 г на 10 л воды, Сейбит 1,5-2 л на 10 л воды.

В состав регулятора роста Сейбита, используемого для предпосевной обработки семян, входят четыре компонента: полимер, регулятор роста (гидрогумин), микроэлементы и жидкие комплексные удобрения. Оксидат торфа представляет собой 4% водный концентрат биологически активных веществ. В оксидате торфа содержится до 98% гуминовых кислот и широкий спектр аминокислот, стимулирующих рост и развитие растений. В состав препарата Агат-25 К входит комплекс биологически активных веществ, которые влияют на метаболические процессы растений, а также оказывают фунгицидное действие.

Наряду с регуляторами роста, изучали эффективность бактериальных удобрений Азобактерина и Калипланта, разработанных в Институте почвоведения и агрохимии. Азобактерин содержит активный штамм азотфиксирующих бактерий [5]. В состав бактериального удобрения Калиплант входит активный штамм калиймобилизующих бактерий [6].

Предпосевную обработку семян подсолнечника бактериальными удобрениями проводили непосредственно перед посевом рабочей смесью (из расчета на 1 тонну семян): 1 л Калипланта и Азобактерина), 1-2 л раствора 2% раствора прилипателя (NaKМЦ) и 3-4 л воды. Для обработки семян подсолнечника использовали также жидкий препарат фосфатмобилизующих бактерий (титр 10<sup>8</sup>-10<sup>9</sup> клеток/г).

Посев проводили при прогревании почвы на глубине заделки семян до 10-12° С путем ручного высева по маркеру с последующей заделкой семян сетчатой бороной. В фазе полных всходов формировали густоту стояния растений – 80 тыс. шт./га. После посева до всходов для борьбы с сорной растительностью вносили гербицид Трофи КЭ, 2л/га.

Для изучения влияния бактериального удобрения Азобактерин на развитие корневой системы и листового аппарата подсолнечника проведен вегетационный опыт. Агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы: содержание гумуса – 1,9%; рН<sub>KCl</sub> – 5,8; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 315 мг/кг; K<sub>2</sub>O – 358 мг/кг почвы. Емкость вегетационных сосудов – 5,5 кг почвы. Количество растений на сосуд – 2. Повторность опыта пятикратная. Количество сосудов – 30. Для обработки семян подсолнечника (гибрид Донской-22) использовали жидкую препаративную форму бактериального удобрения Азобактерин (10<sup>7</sup> кл/семян). Для посева были отобраны одинаковые по размеру семена подсолнечника. Стерилизацию семян проводили смесью раствора перекиси водорода и этилового спирта в соотношении 1:1 в течение 30 мин. Действие Азобактерина изучали на двух фонах минерального питания РК и NPK. Дозы минеральных удобрений (г/сосуд): 2,86г аммиачной селитры, 5,0 г простого суперфосфата, 1,58 г калия хлористого. Уход за посевами включал поддержание оптимальной влажности, периодическое рых-

ление, удаление сорняков. Влияние Азобактерина на развитие подсолнечника оценивали по массе отмытых корней и развитию фотосинтетического аппарата.

Вегетационный период 2001 г. отличался длительной холодной погодой в мае-июне, с начала июля наступила жаркая и сухая погода. Дневные температуры превышали 30<sup>0</sup>С, среднесуточные – в пределах 22<sup>0</sup>С. Количество осадков – 114% к норме, ГТК составил 1,6 (рис. 1). Погодные условия 2002 г. характеризовались высокими температурами воздуха и дефицитом осадков. В июне среднесуточная температура воздуха была на 0,8<sup>0</sup>С выше средней многолетней, осадков выпало в 3 раза меньше. В последующие месяцы среднесуточные температуры воздуха превышали норму на 4,2-4,8<sup>0</sup>С, ГТК составил 0,9. В 2003 г. сумма активных температур с мая по август составила 2378<sup>0</sup>С, что на 117<sup>0</sup>С выше нормы. В апреле-мае количество осадков было на уровне среднемноголетних, в июне-июле наблюдался дефицит осадков.

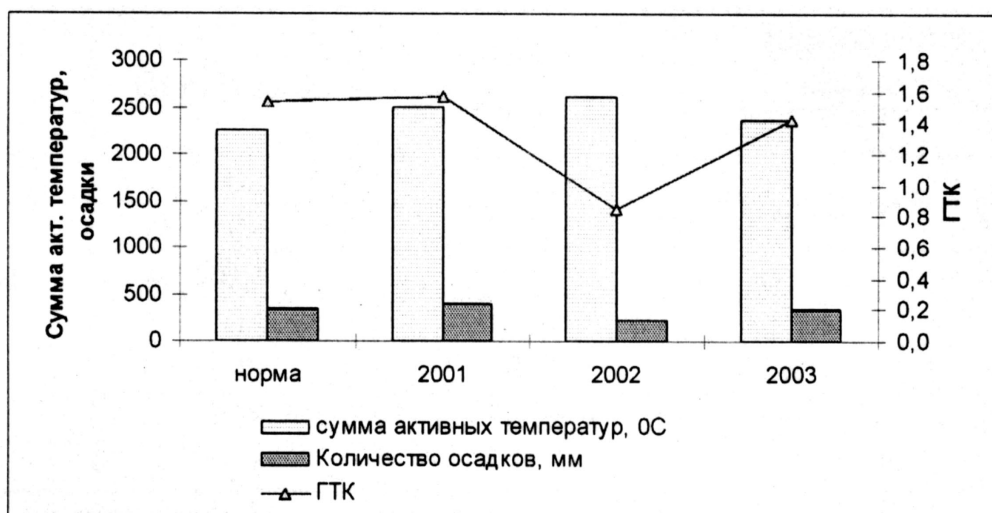


Рис. 1. Условия тепло- и влагообеспеченности за годы проведения исследований (апрель-август)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за 3 года исследований в полевых опытах, наиболее значимое влияние на урожайность подсолнечника гибрид Донской-22 оказали бактериальные удобрения Азобактерин, Калиплант и препарат фосфатмобилизующих бактерий. Прибавки урожайности семян составили: 3,0 ц/га при использовании азотфиксирующих бактерий (Азобактерин), 2,4 ц/га при внесении калиймобилизующих бактерий (Калиплант) и 2,9 ц/га за счет внесения фосфатмобилизующих бактерий (табл. 1). Регуляторы роста в целом были менее эффективны, наибольшее влияние на урожайность оказал Агат – 2,2 ц/га семян, затем Сейбит – 1,7 ц/га и оксидат торфа – 0,3 ц/га (табл. 2). Следует отметить, что эффективность оксидата торфа в большей степени проявлялась в неблагоприятные по гидротермическим условиям годы исследований, что подтверждает литературные данные о положительном влиянии гуминовых веществ на устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды.

Таблица 1

**Влияние регуляторов роста и бактериальных удобрений  
на урожайность подсолнечника масличного  
на дерново-подзолистой супесчаной почве (2001-2003 гг.)**

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Прибавка, ц/га
Контроль	21,1	-
Сейбит	22,8	1,7
Оксидат торфа	21,4	0,3
Агат-25 К	23,3	2,2
Азобактерин	24,1	3,0
Калиплант	23,5	2,4
Р-мобил. бактерии	24,1	2,9
НСП <sub>05</sub>	1,76	

В течение трех лет исследований отмечали, что обработка семян регуляторами роста и бактериальными удобрениями в полевых опытах приводила к существенному повышению массы 1000 семян, которое сопровождалось снижением числа семян в корзинке. Наиболее значимое повышение массы 1000 семян отмечено при использовании оксидата торфа – на 9,3 г. При использовании бактериальных удобрений масса 1000 семян повышалась на 7,0-7,6 г, при этом наибольшее влияние оказали фосфатмобилизующие бактерии – масса 1000 семян увеличилась на 7,6 г. Азобактерин и Калиплант оказывали сравнимое действие на массу 1000 семян – 7,0-7,1 г. За счет регуляторов роста Сейбит и Агат масса 1000 семян повышалась на 5,8 и 5,5 г, соответственно (табл. 2).

Фенологические наблюдения показали, что изучаемые регуляторы роста и бактериальные удобрения не оказывали существенного влияния на продолжительность вегетации подсолнечника. Лишь в 2003 г. отмечено более раннее появление всходов на вариантах с применением оксидата торфа и Азобактерина (на 2-3 дня). Изученные регуляторы роста и бактериальные удобрения не оказывали значимого влияния на высоту растений и диаметр корзинки (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние регуляторов роста и бактериальных удобрений  
на массу 1000 семян и развитие подсолнечника масличного (2001-2003 гг.)**

Вариант	Высота, см	Диаметр корзинки, см	Число семян в корзинке		Масса 1000 семян	
			шт.	-	г	+
Контроль	102	17,3	392	-	55,1	-
Сейбит	102	18,4	378	14	60,9	5,8
Оксидат торфа	99,5	18,6	361	31	64,4	9,3
Агат-25 К	104	18,8	388	4	60,6	5,5
Азобактерин	103	18,3	368	24	62,1	7,0
Калиплант	102	18,1	364	28	62,2	7,1
Р-мобил. бкт.	104	17,7	353	39	62,7	7,6
НСП <sub>05</sub>	5,1	0,9	18,6		3,1	

В вегетационном опыте изучено влияние бактериального удобрения Азобактерин на развитие корневой системы растений подсолнечника на фонах РК и NPK. Сухая масса отмытых корней при выращивании подсолнечника на фонах NPK в 1,3-1,7 раз больше по сравнению с фонами РК. Статистически достоверное увеличение сухой массы корней наблюдали при инокуляции семян на фонах РК- и NPK-удобрений. Наиболее значительная стимуляция развития корней отмечена при инокуляции семян на фоне РК – сухая масса корней увеличилась с 1,13 до 1,88 г/сосуд, или на 66% (табл. 3).

Применение Азобактерина путем инокуляции семян стимулировало развитие листового аппарата подсолнечника. На фоне РК площадь листьев увеличилась с 60,3 до 69,3 см<sup>2</sup>/растение, или на 9 см<sup>2</sup>/растение, а на фоне NPK – с 65,8 до 71,7 см<sup>2</sup>/растение, или на 5,9 см<sup>2</sup>/растение. За счет внесения азотных удобрений площадь листьев увеличилась с 60,3 до 65,8 см<sup>2</sup>/растение, или на 5,5 см<sup>2</sup>/растение (табл. 3).

*Таблица 3*

**Влияние Азобактерина на площадь листовой поверхности и массу корней подсолнечника в вегетационном опыте (гибрид Донской-22)**

Вариант	Площадь листовой поверхности, см <sup>2</sup> /растение	Сухая масса корней, г/сосуд
<b>Без инокуляции</b>		
РК	60,3	1.13
NPK	65,8	2,00
<b>Инокуляция семян Азобактерином</b>		
РК	69,3	1.88
NPK	71,7	2.45
HCP <sub>05</sub>	6,2	0,15

Использование регуляторов роста и бактериальных удобрений способствовало уменьшению показателей лужистости семян подсолнечника, в особенности под влиянием оксидата торфа и бактериального удобрения Калиплант (табл. 4).

Отмечена тенденция снижения масличности семян подсолнечника при использовании всех изученных биопрепаратов, в меньшей степени эта тенденция проявлялась при внесении фосфатмобилизирующих бактерий, оксидата торфа, Сейбита и Калипланта. Однако использование регуляторов роста и бактериальных удобрений оказало положительное влияние на сбор жира с 1 га. Среди регуляторов роста лучшие показатели отмечены при применении Сейбита и Агата, сбор жира составил 11,7 ц/га, прибавки – 0,6 ц/га. Наиболее высокий сбор жира – 12,6 ц/га, отмечен при использовании фосфатмобилизирующих бактерий, прибавка составила 1,5 ц/га. Сравнимое влияние на сбор жира оказывало бактериальное удобрение Азобактерин на основе азотфиксирующих бактерий, сбор жира повысился на 1,3 ц/га. За счет внесения калиймобилизирующих бактерий, входящих в состав Калипланта, сбор жира составил 11,9 ц/га, прибавка – 0,8 ц/га (табл. 4).

**Влияние регуляторов роста и бактериальных удобрений на показатели  
масличности и сбор жира с 1 га (2001-2003 гг.)**

Вариант	Лузжистость, %	Масличность*, %	Сбор жира, ц/га
Контроль	24,0	52,3	11,1
Сейбит	23,1	51,1	11,7
Оксидат торфа	22,9	51,8	11,1
Агат-25 К	23,3	50,0	11,7
Азобактерин	23,0	51,1	12,4
Калиплант	22,9	50,1	11,9
P-мобил. бактерии	23,1	52,4	12,6

### ВЫВОДЫ

1. Установлено положительное влияние бактериальных удобрений Азобактерина, Калипланта и фосфатмобилизирующих бактерий на урожайность подсолнечника масличного гибрид Донской-22. Прибавка урожайности семян за счет применения Азобактерина составила 3 ц/га, Калипланта – 2,4 ц/га, фосфатмобилизирующих бактерий – 2,9 ц/га при общей урожайности 24,1, 23,5 и 24,1 ц/га соответственно.

2. По сравнению с бактериальными удобрениями регуляторы роста Сейбит, Агат-25 К и оксидат торфа были менее эффективны, прибавки урожайности семян составили 1,7, 0,3 и 2,2 ц/га при урожайности 22,8, 23,3 и 21,4 ц/га соответственно.

3. Применение бактериальных удобрений и регуляторов роста способствовало увеличению сбора жира, наибольшее влияние на этот показатель оказали фосфатмобилизирующие бактерии, Азобактерин, Калиплант, Агат-25 К и Сейбит, прибавки составили 1,5, 1,3, 0,8, 0,6 и 0,6 ц/га соответственно.

4. Установлено, что наиболее значимое повышение массы 1000 семян подсолнечника отмечено при использовании оксидата торфа – на 9,3 г. При внесении бактериальных удобрений масса 1000 семян повышалась на 7,0-7,6 г, при этом наибольший эффект оказали фосфатмобилизирующие бактерии – на 7,6 г, под влиянием Азобактерина и Калипланта масса 1000 семян увеличивалась на 7,0 и 7,1 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сикорский, А.В., Подсолнечник в Беларуси. Аспекты возделывания / А. В. Сикорский, В.А. Радовня, В.В. Бобовкина // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – №8 (76). – С. 24.

2. Радовня, В.А. Состояние и перспективы возделывания подсолнечника в Полесском регионе Беларуси / В.А. Радовня, В.В. Бобовкина // Современные научные проблемы создания сортов и гибридов масличных культур и технологии их выращивания: материалы Междунар. науч. практ. конф., Запорожье, 4-6 августа 2009 г. – Запорожье, 2009. – С. 96-98.

3. Васильев, Д.С. Агротехника подсолнечника / Д. С. Васильев. – М.: Колос, 1983. – 197с.

4. Гомончук, И.И. Влияние минеральных удобрений на урожайность подсолнечника масличного / И.И. Гомончук, М.Т. Дорофеев // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда белорусского общества почвоведов, Минск, 25-29 июня, 2001 г. – Минск, 2001. – Т. 2. – С. 98-100.

5. Штамм ассоциативных азотфиксирующих бактерий *Azospirillum brasilense* B-4485 для обработки семян зерновых культур и многолетних злаковых трав: пат. Респ. Беларусь, 4632 / В.Н. Нестеренко, Л.А. Карягина, Т.Б. Барашенко, Н.А. Михайловская, Н.А. Курилович, Г.В. Мороз; заявитель РУП «Институт почвоведения и агрохимии». № 970432; – заявл. 05.08.1997; опубл. 30.09.2002 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2002. – № 3.

6. Штамм бактерий *Bacillus circulans* БИМ В-376Д для бактериализации семян зерновых культур: пат. Респ. Беларусь, 9646 / Н.А. Михайловская, И.М. Богдевич, О.В. Журавлева, Т.Б. Барашенко, Н.Н. Курилович, С.В. Дюсова; заявитель РУП «Институт почвоведения и агрохимии». № а20050228; заявл. 10.03.2005; опубл. 30.08.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 4(57). – С. 112.

## EFFECT OF GROWTH REGULATORS AND BIOFERTILIZER ON YIELD AND QUALITY OF SUNFLOWER

V.V. Bobovkina, V.A. Radovnya, N.A. Mikhajlovskaya, I.G. Bruj

### Summary

Positive effect of biofertilizers Azobacterin, Kaliplant and P-mobilizing bacteria on the yield of oil sunflower hybrid Donskoj-22 was found. As compared to biofertilizers the growth regulators Sejbit, Agat-25 K and peat oxidate were less effective. Most effective in respect of the increase of oil yield per hectare were P-mobilizing bacteria, Azobacterin and Kaliplant; in respect of the increase of 1000 seeds mass – peat oxidate, P-mobilizing bacteria, Azobacterin and Kaliplant.

Поступила 24 ноября 2010 г.

УДК 631.8.022.3:635.64

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОМАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

М.Е. Кошман, В.В. Скорина

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Томат культурный (*Lycopersicon esculentum* Mill.) относится к семейству пасленовых. Это широко распространенная и очень популярная овощная культура как в Республике Беларусь, так и во всем мире [1-10]. Томату в нашей стране принадлежит одно из ведущих мест в обеспечении населения высоковитамин-

ными продуктами питания. В пищу употребляют зрелые и незрелые плоды томата. Они стали любимым овощным продуктом населения за высокие вкусовые качества.

В зрелых плодах томатов содержится 5-8% сухих веществ, из которых около 50% приходится на самые ценные сахара – глюкозу и фруктозу. Томаты являются богатой кладовой витаминов. Аскорбиновой кислоты (витамин С) они содержат 25-40 мг%, каротина (провитамин А) – 15-20 мг% в зависимости от сорта и фазы спелости. Сорта с более желтыми плодами содержат больше бета-каротина, а с красными – каротиноида ликопин. Как и бета-каротин, каротиноид ликопин является предшественником витамина А. Однако антиоксидантная активность ликопина в два с половиной раза выше. То есть ликопин разрушает вредное воздействие на организм свободных радикалов. Ликопин оказывает общеукрепляющее действие на организм и обладает большим набором ценных фармакологических свойств. Подавляя в организме свободнорадикальное окисление, ликопин стабилизирует иммунный статус организма, улучшает протекание ряда важнейших биологических процессов в организме, в том числе нормализует уровень глюкозы в крови, липидный обмен, зрение и контролирует пролиферацию (новообразование) клеток. Также ликопин усиливает действие других антиоксидантов, и является уникальным природным средством для профилактики сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний. В томатах присутствуют также витамины Р, РР, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>с</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>9</sub>, К. Витаминов в плодах томатов столько же, сколько в лимонах и апельсинах. Для удовлетворения суточной потребности человека в витаминах А и С достаточно употребить два-три плода томатов или стакан томатного сока. Годовая норма потребления томатов человеком составляет 33-35 кг [11-12].

Разнообразен и минеральный состав томатов: в них много калия, кальция, железа, фосфора, хлора, серы, марганца. В плодах калий преобладает над натрием, что способствует нормализации жирового и водного обмена, кровяного давления. Растения томатов способны извлекать из почвы и накапливать соединения меди и молибдена, улучшающие синтез аминокислот, работу ферментных систем и кроветворения.

Среди органических кислот в плодах томатов преобладают лимонная и яблочная. Они возбуждают аппетит, улучшают пищеварение, губительно действуют на болезнетворную кишечную микрофлору. Содержащиеся в томатах эфирное масло и летучие органические спирты придают плодам специфический запах, обуславливая их фитонцидные, противомикробные и противогрибковые свойства. Алкалоид томатин, выполняющий в растении защитные функции, способствует лечению грибных болезней, отдельных форм дерматитов, угнетает злокачественные новообразования. Томаты способствуют удалению из организма радиоактивных элементов, они накапливают сравнительно небольшое количество нитратов, что особенно важно при лечебном питании.

Томаты находят широкое применение в перерабатывающей промышленности и домашней кулинарии. Их используют в свежем виде как самостоятельно, так и для приготовления различных салатов. К основным видам промышленных томатопродуктов относятся очищенные томаты, сок, пюре, натуральные и закусочные консервы. Томаты используют для соления и маринования.

Выращивают томат в большинстве стран мира в открытом и защищенном грунте. Большой удельный вес томата в структуре валового производства овощей



во многих странах мира объясняется высокой экологической пластичностью культуры, то есть способностью произрастать в разных климатических зонах, хорошей урожайностью, многоцелевым использованием плодов, их биологической ценностью [4, 13, 14].

Томат можно выращивать на различных по гранулометрическому составу почвах, но лучше он себя чувствует на супесчаных и легкосуглинистых почвах, обладающих хорошей влагоемкостью и воздухопроницаемостью. Рекомендуется размещать томат по предшественникам, заправленным органическими удобрениями, – капусте, огурцам, столовым корнеплодам и т.д. Не допускается выращивание томатов после картофеля, баклажан и перца, а также повторное их возделывание. Лучшая кислотность почвы для томата находится в интервале  $pH_{KCl}$  6,0-6,5.

Томат весьма отзывчив на применение минеральных и органических удобрений [15-18]. Больше всего томат потребляет калия, особенно в период плодоношения. Важен калий в первые этапы развития растения, особенно при недостатке света, при росте плодов. Он необходим для формирования стеблей и завязей, активной ассимиляции углекислоты. Азот растение томата использует для формирования вегетативных органов, особенно от всходов до цветения. В это время надо строго контролировать дозы азотного питания, иначе растения начинают развиваться слишком пышно и цветки с нижних соцветий опадают.

Потребление фосфора растением невысокое. Он в основном идет на рост корневой системы, плодов и семян. Весной при низкой температуре почвы (+15°C) его усвоение корнями резко ограничено. Кроме этих элементов, томат усваивает в очень большом количестве магний, особенно необходимый ему в период роста и созревания плодов. Нужны растениям томата и различные микроэлементы.

Научно-обоснованное применение удобрений обеспечивает высокие и устойчивые урожаи томата при его возделывании в Республике Беларусь.

Цель исследований – определить влияние удобрений на продуктивность томата на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния минеральных удобрений и биопрепарата фитостимифос на продуктивность томатов сорта Омега проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве в Пинском районе Брестской области Республики Беларусь на протяжении 2008-2009 гг.

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели:  $pH_{KCl}$  – 5,9-6,2, содержание  $P_2O_5$  (0,2 М HCl) – 170-180 мг/кг,  $K_2O$  (0,2 М HCl) – 220-240 мг/кг почвы, гумуса (0,4 М  $K_2Cr_2O_7$ ) – 1,8-2,0% (индекс агрохимической окультуренности 0,89).

Схема опыта предусматривала контрольный вариант без применения удобрений, вариант с применением полного минерального удобрения под предпосадочную культивацию ( $N_{80}P_{120}K_{100}$  – карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий); вариант с применением фитостимифоса на фоне минеральных удобрений ( $N_{80}P_{100}K_{100}$ ).

Способ применения бактериального удобрения фитостимифос – обработка корневой системы томатов в день посадки 50% раствором биопрепарата.

Основа фосфатмобилизующего биопрепарата фитостимифос – *Agrobacterium radiobacter* 2258 СМФ, осуществляющий микробиологический перевод труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений в доступную растениям форму [19].

Агротехника возделывания томата в открытом грунте – общепринятая для Республики Беларусь. Схема опыта была реализована на фоне интегрированной системы защиты растений. Статистическая обработка результатов исследований – по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих компьютерных программ [14, 20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение минеральных удобрений в наших исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве оказало существенное влияние на продуктивность томата (табл. 1).

Таблица 1

### Влияние удобрений на продуктивность томата на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Плоды, т/га			Средняя масса плода, г			Завязываемость плодов, %		
	2008 г.	2009 г.	Ø	2008 г.	2009 г.	Ø	2008 г.	2009 г.	Ø
Контроль без удобрений	32,3	18,9	25,6	78,0	79,0	78,5	77,4	72,7	75,1
N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> K <sub>100</sub>	43,6	27,8	35,7	78,0	80,0	79,0	79,1	75,3	77,2
N <sub>80</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + фитостимифос	43,7	27,6	35,7	78,0	80,0	79,0	79,3	75,5	77,4
НСП <sub>05</sub>	2,0	1,4	1,2						

В 2008 г., который оказался более благоприятным по погодным условиям вегетационного периода для возделывания томатов, применение полного минерального удобрения N<sub>80</sub>P<sub>120</sub>K<sub>100</sub> обеспечило прибавку урожая плодов 11,3 т/га при общей урожайности плодов 43,6 т/га. Окупаемость 1 кг NPK в 2008 г. составила 37,7 кг плодов.

В условиях 2009 г. прибавка урожайности плодов томата от внесения минеральных удобрений составила 8,9 т/га при общей урожайности в удобренном варианте 27,8 т/га и окупаемости 1 кг NPK 29,7 кг плодов.

В среднем за два года исследований применение минеральных удобрений способствовало дополнительному сбору плодов томата 10,1 т/га. Урожайность плодов томата в удобренном варианте в среднем за два года исследований оказалась 35,7 т/га, окупаемость 1 кг NPK – 33,7 кг плодов.

Обработка растений томата бактериальным удобрением фитостимифос не привела к существенному изменению урожайности плодов томатов в сравнении с фоновым вариантом с применением полного минерального удобрения.

В сравнении с контрольным вариантом без применения удобрений в варианте с обработкой растений томата фитостимифосом прибавка урожайности

## Плодородие почв и применение удобрений

в 2008 г. составила 11,4 т/га, в 2009 г. – 8,7 т/га, в среднем за два года исследований – 10,1 т/га при общей урожайности плодов соответственно 43,7, 27,6 и 35,7 т/га.

Средняя масса плода томата в меньшей мере зависела от применения минеральных и бактериальных удобрений, а также погодных условий вегетационных периодов – в зависимости от исследуемого варианта она изменялась от 78,0 до 80,0 г.

Завязываемость плодов в вариантах с применением минеральных и бактериальных удобрений в 2008 г. увеличилась с 77,4% до 79,1-79,3%, в 2009 г. – с 72,7% до 75,3-75,5%, в среднем за два года исследований – с 75,1% до 77,2-77,4%.

Содержание общего азота в плодах томата в зависимости от опытного варианта составило 1,09-1,17%, в ботве – 2,63-2,75%; фосфора – соответственно 2,28-0,35% и 0,82-0,95%; калия – 2,07-2,09% и 5,02-5,21% (табл. 2).

Применение удобрений существенно увеличило содержание азота и фосфора в плодах томата, а также фосфора в ботве томата. Содержание азота и калия в ботве томата имело четкую положительную тенденцию увеличения в вариантах с внесением удобрений. Содержание калия в плодах томата практически не зависело от применения удобрений.

Таблица 2

### Содержание элементов питания в основной и побочной продукции томата в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Плоды			Ботва		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль без удобрений	1,09	0,28	2,07	2,63	0,82	5,02
N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> K <sub>100</sub>	1,15	0,32	2,09	2,75	0,94	5,18
N <sub>80</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + фитостимифос	1,17	0,35	2,08	2,74	0,95	5,21
НСР <sub>05</sub>	0,05	0,02	0,10	0,14	0,05	0,25

В агрохимической практике важное значение при оценке эффективности удобрений имеют показатели общего (хозяйственного) и удельного (нормативного) выноса элементов питания. Показатели общего выноса используют для расчета баланса элементов питания, удельного выноса – при разработке научно-обоснованных систем удобрения в агропромышленном производстве [16].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве общий вынос элементов питания зависел от сбора сухого вещества и содержания питательных элементов в основной и побочной продукции (табл. 3). Среднее содержание сухого вещества в плодах томата в наших исследованиях составило 7%, в ботве – 12% при соотношении плоды : ботва = 1:0,4.

Общий вынос азота при возделывании томатов в открытом грунте оказался 51,6-76,7 кг/га, фосфора – 15,0-25,2, калия – 98,3-142,1 кг/га. При запашке

ботвы томата в качестве дополнительного источника органического вещества в почву может поступить 32,1-47,4 кг/га азота, 10,0-16,4 кг/га фосфора и 61,2-90,1 кг/га калия. Следует, однако, отметить, что в ботве томатов накапливается значительное количество патогенных микроорганизмов, поэтому в овощных севооборотах, насыщенных пасленовыми культурами, заплата ботвы нецелесообразно. В этом случае проводят утилизацию ботвы вне севооборотного участка.

Удельный вынос элементов питания с 1 т плодов и соответствующим количеством ботвы в наших исследованиях характеризовался следующими показателями: 2,0-2,1 кг (N), 0,6-0,7 кг (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и 3,8-4,0 кг (K<sub>2</sub>O).

Таблица 3

**Общий и удельный вынос элементов питания в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг 1 т плодов и соответствующим количеством ботвы		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль без удобрений	51,6	15,0	98,3	2,0	0,6	3,8
N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> K <sub>100</sub>	76,1	24,2	141,4	2,1	0,7	4,0
N <sub>80</sub> P <sub>100</sub> K <sub>100</sub> + фитостимифос	76,7	25,2	142,1	2,1	0,7	4,0

Наряду с показателями агрономической эффективности, при оценке удобрений используют показатели экономической эффективности (прежде всего чистый доход и рентабельность), позволяющие рекомендовать для внедрения в агропромышленное производство наиболее выгодные варианты удобрения [9].

Высокие закупочные цены на томаты (в среднем 3000 руб./кг) обеспечили очень хорошую экономическую эффективность применения удобрений в наших исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве. Применение полного минерального удобрения при возделывании томата обеспечило получение чистого дохода 29030 тыс. руб./га, фитостимифоса в сочетании с минеральными удобрениями – 29053 тыс. руб./га.

**ВЫВОДЫ**

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве применение полного минерального удобрения N<sub>80</sub>P<sub>120</sub>K<sub>100</sub> обеспечило прибавку урожая плодов томатов 10,1 т/га при общей урожайности 35,7 т/га, массе 1 плода 79 г и завязываемости плодов 77,2%.

Обработка растений томата бактериальным препаратом фитостимифос обеспечила одинаковую агрономическую эффективность в сравнении с полным минеральным удобрением.

Содержание азота в плодах томата оказалось 1,09-1,17%, фосфора – 0,28-0,35%, калия – 2,07-2,09%; в ботве – соответственно 2,63-2,75, 0,82-0,95 и 5,02-5,21%.

Удельный вынос азота в 1 т плодов и соответствующим количеством ботвы томата составил 2,0-2,1 кг/га, фосфора – 0,6-0,7, калия – 3,8-4,0 кг/га.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аутко, А.А. В мире овощей / А.А. Аутко. – Минск: Технопринт, 2004. – 568 с.
2. Аутко, А.А. Пасленовые овощные культуры / А.А. Аутко // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – № 7. – С. 72-73.
3. Аутко, А.А. Приоритеты современного овощеводства / А.А. Аутко, Г.И. Гануш, Н.Н. Долбик. – Минск: Технопринт, 2003. – 157 с.
4. Бексеев, Ш.Г. Выращивание ранних томатов / Ш.Г. Бексеев. – Ленинград: Агропромиздат, 1989. – 372 с.
5. Борисов, В.Н. Качество и лежкость овощей / В.А. Борисов, С.С. Литвинов, А.В. Романова. – М., 2003. – 626 с.
6. Брежнев, Д.Д. Томаты / Д.Д. Брежнев. – Л.: Колос, 1964. – 320 с.
7. Ваш богатый огород / А.П. Шкляров [и др.]. – Минск: УниверсалПресс, 2005. – 320 с.
8. Гавриш, С.Ф. Томат: возделывание и переработка / С.Ф. Гавриш, С.Н. Галкина. – М.: Агропромиздат, 1990. – 325 с.
9. Гануш, Г.И. Овощеводство Беларуси: экономика, организация, агротехника / Г.И. Гануш. – Минск: Ураджай, 1996. – 272 с.
10. Овощеводство / Г.И. Тараканов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2003. – С. 351-352.
11. Булда, О.В. Содержание ликопина и других каротиноидов в плодах томата (*Lycopersicon esculentum* L.) белорусской и зарубежной селекции / О.В. Булда, Л.А. Мишин, Г.Н. Алексейчук // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2009. – № 1. – С. 36-41.
12. Скорина, В.В. Основные направления в селекции томата для открытого грунта / В.В. Скорина, Е. И. Сарвино // XVIII The Meeting of the Herbological Team of the Committee of Horticultural Science, Polish Academy of Sciences. – Lublin; Olstyn, 2001. – P. 147-150.
13. Курышкина, О.В. Технология возделывания томата рассадным способом в открытом грунте / О.В. Курышкина. – Пенза, 2007. – 254 с.
14. Современные технологии производства овощей в Беларуси / А.А. Аутко [и др.]. – Молодечно: Победа, 2005. – 272 с.
15. Методика определения потребности в минеральных удобрениях под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур на уровне района и области / В.И. Бельский [и др.]. – Минск: Ин-т экономики НАН Беларуси, 2006. – 44 с.
16. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
17. Степуро, М.Ф. Удобрение и орошение овощных культур / М.Ф. Степуро. – Минск, 2008. – 142 с.
18. Удобрение овощных культур: справочное руководство / Г.Г. Вендило, Т.А. Миканаев, В.Н. Петриченко, А.А. Скаржинский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 206 с.

19. Применение diaзотрофных и фосфатмобилизующих бактериальных препаратов при возделывании основных сельскохозяйственных культур / Т.Ф. Перскова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2003. – 28 с.

20. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## **PRODUCTIVITY OF TOMATOES DEPENDING ON APPLICATION OF FERTILIZERS ON A SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL**

**M.E. Koshman, V.V. Skorina**

### **Summary**

In researches on a sod-podzolic loamy sand soil application of full mineral fertilizer  $N_{80}P_{120}K_{100}$  has provided an increase of a harvest of tomatoes fruits of 10,1 t/ha at the general productivity of 35,7 t/ha, mass of 1 fruit 79 g and ovary fruits of 77,2%.

Processing of tomato plants by a bacterial preparation fitostimofos has provided identical agronomical efficiency in comparison with a full mineral fertilizer.

*Поступила 4 октября 2010 г.*

УДК 633.22:631.52

## **ПЛОДРОДИЕ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ГЛЕЕВАТЫХ ПОЧВ И СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ БЕКМАНИИ ОБЫКНОВЕННОЙ**

**А.С. Мееровский, Н.М. Модникова**

*Институт мелиорации, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из важнейших проблем сельского хозяйства является обеспечение стабильной урожайности в разные по погодным условиям годы. Стабильность достигается, прежде всего, соответствующим уровнем агротехники. Однако решающий фактор при этом – плодородие почв.

Развитие учения о плодородии почв связано с именем В.Р. Вильямса. Он детально исследовал формирование и развитие плодородия почвы в ходе природного почвообразования, рассмотрел условия проявления плодородия в зависимости от ряда свойств почвы, а также сформулировал основные положения об общих принципах повышения плодородия почв при их использовании в сельскохозяйственном производстве.

В настоящее время результативность работы всех отраслей агропромышленного комплекса оценивается, прежде всего, экономическими показателями. Семеноводство трав – многоэтапный процесс, включающий производство семян от суперэлиты до массовых репродукций. При этом на всех этапах необходимо обеспечить получение семян, соответствующих требуемым параметрам качества

при минимальных затратах. Их уровень во многом зависит от использования плодородия почв. Величина и стабильность семенной продуктивности лимитируется недостаточным почвенным плодородием. В последние десятилетия в республике выполнен большой объем исследований по установлению корреляционных связей урожайности сельскохозяйственных культур с показателями свойств почв, что позволило разработать оптимальные уровни для основных типов почв [1-5]. Большинство исследователей работало с зерновыми, картофелем, некоторыми техническими культурами. С семенниками многолетних трав подобных работ не было. Тем самым семенные посевы трав не могли участвовать в системе управления продуктивностью агроценозов. Поэтому целью исследований было установление корреляционных зависимостей урожайности семян многолетнего, влаголюбивого, верхового, корневищного злака – бекмании обыкновенной от свойств почв.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на типичных для Белорусского Поозерья мелиорированных дерново-подзолистых глееватых среднесуглинистых почвах в Сенненском районе на землях Витебской опытно-мелиоративной станции РУП «Институт мелиорации». В 2008г. были заложены полевые опыты с бекманией обыкновенной, сорт Жодинская.

Перед закладкой опыта были отобраны почвенные образцы в пахотном горизонте 0-30 см и проведены химические анализы. В почвенных образцах определяли рН солевой вытяжки в КСl на рН-метре, гидролитическую кислотность – по Каппену-Гильковицу, гумус – по Тюрину, подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову [6].

Полевые опыты велись согласно методике по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав научно-исследовательского института кормов им. В.Р. Вильямса: М.А. Смурыгин, Н.А. Михайличенко, М.И. Переправо и др. (1969, 1985, 1993) [7]. Общая площадь делянки 60 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Опыт двухфакторный: изучались способы посева (сплошной рядовой – ширина междурядий 7 см, черезрядный – 15 см, широкорядный – ширина междурядий 45 см), а также дозы удобрений (без удобрений, N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>).

Фосфорные и калийные удобрения вносились с осени в основную заправку почвы перед разбивкой опытного участка (2007г.), а также весной 2008-го, 2009 и 2010-го годов азотные, фосфорные и калийные удобрения вносили в один прием в фазу кущения бекмании обыкновенной.

Определение объемной влажности почвы проводили каждую декаду с момента начала вегетации бекмании обыкновенной до ее уборки на семена, в течение трех лет. Объемную массу определяли методом режущих цилиндров объемом 50 см<sup>3</sup>, которыми вырезали образцы с ненарушенной структурой. Для этого в точке определения объемной массы отрывался шурф глубиной 40 см. Стенка шурфа, из которой отбирались образцы, гладко зачищалась острой лопатой. На ней ножом наносились легкие линии на глубине 10 см, 20 и 30 см. Затем отбирались образцы в двукратной повторности и помещались в бюксы, которые высушивали в термостате до постоянного веса, взвешивали и определяли объемную массу по формуле:

$$\rho = P/V, \text{ г/см}^3, \quad (1)$$

где P – масса сухой почвы в граммах, а V – объем.

При отборе почвенных образцов пробоотборником объемом 50 см<sup>3</sup> формула расчета объемной влажности упрощается и имеет вид:

$$W_{об} = 2 \times B, \%, \quad (2)$$

где B – масса воды в образце.

Объемная влажность – это отношение массы воды в образце определенного объема к объему образца:

$$W_{об} = B/V \times 100 \%, \quad (3)$$

где V – объем образца почвы с ненарушенной структурой, см<sup>3</sup>.

Учет урожая семян бекмании обыкновенной проводился на втором и третьем годах жизни, в начале полной спелости семян прямым комбайнированием с последующим обмолотом САМПО и послеуборочной доработкой семян с каждой учетной делянки отдельно.

Объектами исследования служили посевы бекмании обыкновенной, возделываемые на семена 2-го и 3-го годов жизни. Для изучения влияния на урожайность семян бекмании обыкновенной потенциального (естественного) и эффективного почвенного плодородия почвы были отобраны почвенные образцы на 15 делянках опыта. Отбор почвенных образцов проводился перед закладкой опытов, и образцы отбирались с учетом пестроты почвенного плодородия (рис. 1).

**Схема опыта  
Возделывание бекмании обыкновенной на семена**

Способы посева	Без удобрений		N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub>		N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	
	Черезрядный посев (ширина междурядий 15 см)		5		10	
Сплошной рядовой посев	1		6		11	
		2		7		12
Широкорядный посев (ширина междурядий 45 см)		3	8		13	
	4			9		14

Рис. 1. Отбор почвенных образцов 2007г.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями рН<sub>KCl</sub> – 6,49-7,16, гумус – 2,22-5,29%, подвижные формы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 101,5-230,7 и K<sub>2</sub>O – 83,8-156,0 мг/кг почвы (табл. 1).

Средняя урожайность семян бекмании обыкновенной за два года представлена в табл. 2.

Проведенный дисперсионный анализ не выявил существенных различий сравниваемых средних значений по удобрениям и способам посева. Но выявил



## Плодородие почв и применение удобрений

значимые различия в урожайности семян бекмании обыкновенной при комбинации факторов (способов посева с дозами удобрений) при черезрядном способе посева с дозами удобрений  $N_{45}P_{30}K_{45}$  – 8,11 ц/га и  $N_{60}P_{60}K_{90}$  – 6,70, при сплошном рядовом с дозой  $N_{60}P_{60}K_{90}$  – 7,31 ц/га. Как видно из средних значений урожая, максимальным он был для комбинации удобрения  $N_{45}P_{30}K_{45}$  при черезрядном способе посева 8,11 ц/га и для комбинации удобрения  $N_{60}P_{60}K_{90}$  при сплошном рядовом способе посева 7,31 ц/га.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика пахотных горизонтов  
по делянкам опыта, д. Богданово, участок «Горивец»,  
поле №31; 0,8 га; ВОМС Сенненского района  
Витебской области, 2007 г.**

№ делянки	pH	Гумус, %	N общ. %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг	K <sub>2</sub> O мг/кг	CaO мг/кг	MgO мг/кг
1	6,65	4,37	0,42	190,0	107,2	1878	389,6
2	6,73	4,04	0,42	142,8	95,7	2116	393,9
3	6,49	4,16	0,34	123,0	112,7	2062	375,3
4	6,70	4,79	0,34	167,7	125,7	2194	409,2
5	6,69	2,22	0,20	173,3	145,7	1537	319,1
6	6,70	3,57	0,31	178,8	128,7	1990	387,1
7	6,84	3,60	0,22	150,7	131,0	1963	306,2
8	6,73	4,14	0,28	141,1	100,4	2124	386,6
9	6,84	3,36	0,20	101,5	113,5	1644	285,8
10	6,57	2,52	0,20	191,2	106,4	1706	334,5
11	6,84	5,29	0,39	158,7	156,0	2141	341,0
12	7,10	3,87	0,22	210,2	133,7	2329	320,5
13	6,86	4,41	0,31	173,1	105,1	2163	360,6
14	7,16	2,27	0,17	230,7	102,8	1762	200,9
15	6,86	4,43	0,31	161,5	83,8	2135	299,6
<b>ср.</b>	<b>6,78</b>	<b>3,80</b>	<b>0,29</b>	<b>166,29</b>	<b>116,56</b>	<b>1982,93</b>	<b>340,66</b>

Управление плодородием почвы в современном земледелии должно осуществляться на основе соответствующих моделей. Модель плодородия почвы представляет собой сочетание экспериментально установленных показателей плодородия, находящихся в тесной корреляции с величиной урожая. Модель плодородия разрабатывается для конкретных почвенно-климатических и производственных условий выращивания сельскохозяйственных культур.[8]

Далее был проведен регрессионный анализ данных с построением моделей линейной и нелинейных (логарифмической, степенной, экспоненциальной) зависимости урожайности семян от содержания гумуса в почве, поскольку из всех имеющихся химических показателей почвы (pH, гумус, общий N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO), построенные модели оказались адекватными только по гумусу (рис. 2).

Средняя урожайность семян бекмании обыкновенной 2009-2010 гг. (ц/га)

Способ посева	Без удобрений	N <sub>45</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	Среднее по способам посева (НСР <sub>05</sub> = 1,16)
Черезрядный посев	4,65	8,11	6,70	6,49
Сплошной рядовой	5,21	6,33	7,31	6,28
Широкорядный посев	6,60	5,20	5,46	5,76
Среднее по удобрениям (НСР <sub>05</sub> = 1,16)	5,49	6,55	6,49	6,18

НСР<sub>05</sub> = 2,00 для сравнения частных средних

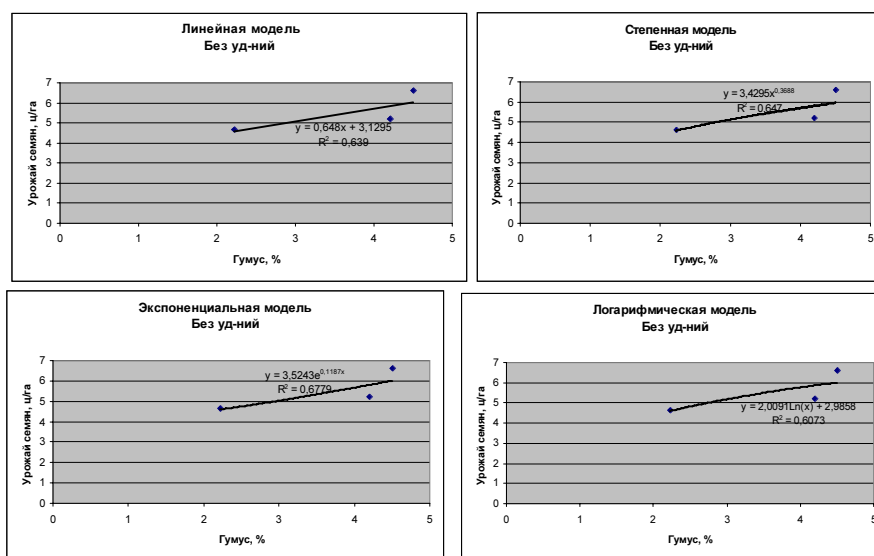


Рис. 2. Зависимость урожайности семян бекмании обыкновенной от содержания гумуса в почве

Как видно из рисунка 2 максимальное значение коэффициента детерминации ( $R^2$ ) = 0,6779 у экспоненциальной модели, следовательно, эта модель более точная. Далее, используя уравнение этой модели  $y = 3,5243e^{0,1187x}$  и указав вместо X определенное содержание гумуса в почве можно вычислить урожайность семян бекмании обыкновенной исходя из потенциального плодородия почвы.

Также был проведен регрессионный анализ данных, исходя из объемной влажности почвы, и установлена сильная корреляционная зависимость между урожайностью семян и объемной влажностью почвы (рис. 3).

Как видно из рисунка 3 максимальное значение коэффициента детерминации ( $R^2$ ) = 0,7655 у линейной модели, следовательно, здесь линейная зависимость

между двумя признаками и используя уравнение этой модели  $y = 0,2313x - 0,5589$  и указав вместо  $X$  определенное содержание объемной влажности почвы можно вычислить урожайность семян бекмании обыкновенной исходя из количества объемной влажности почвы.

Изучение влияния эффективного почвенного плодородия на урожайность семян бекмании обыкновенной рассмотрим на примере применения различных доз минерального удобрения. Были построены регрессионные модели зависимости урожайности семян бекмании обыкновенной от содержащегося в почве гумуса плюс внесенная доза NPK (рис. 4).

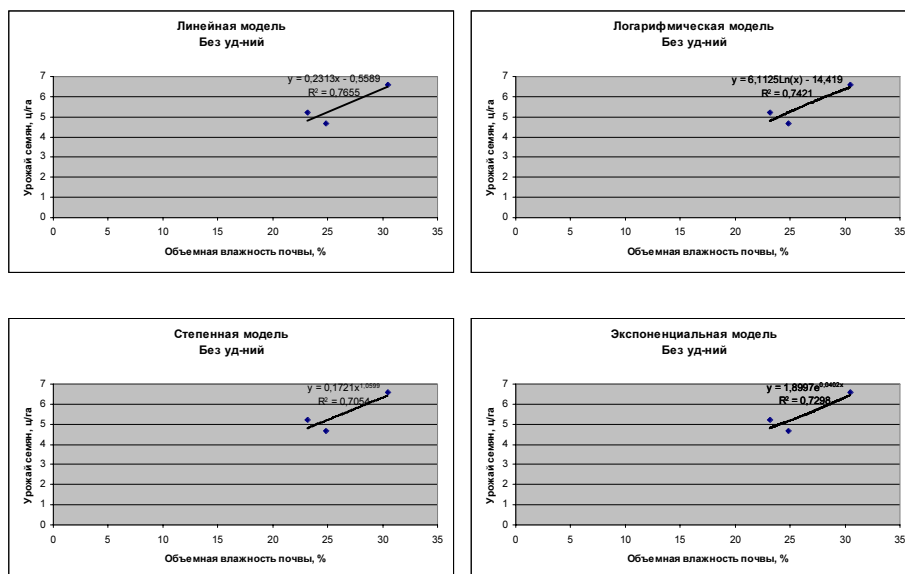


Рис 3. Зависимость урожайности семян бекмании обыкновенной от объемной влажности почвы

Как видно из рисунка 4 при изучении дозы удобрения  $N_{45}P_{30}K_{45}$  выявлена сильная корреляционная зависимость между изучаемыми признаками, как у линейной, так и у нелинейных моделей, а максимальное значение коэффициента детерминации ( $R^2$ ) = 0,9399 у линейной модели, следовательно, здесь линейная зависимость между признаками и используя уравнение этой модели  $y = -2,0661x + 13,379$  и указав вместо  $X$  определенное содержание гумуса в почве можно вычислить урожайность семян бекмании обыкновенной исходя из количества гумуса, но при определенном условии, внесении в почву  $N_{45}P_{30}K_{45}$  минерального удобрения, то есть от эффективного почвенного плодородия.

Если же рассматривать дозу удобрения, такую как  $N_{60}P_{60}K_{90}$  то также наблюдается сильная корреляционная зависимость у всех построенных моделей, но максимальный коэффициент детерминации ( $R^2$ ) = 0,9685 у экспоненциальной модели, следовательно, эта модель наиболее точная, используя уравнение этой модели  $y = 2,7429e^{0,2078x}$  и подставив вместо  $X$  точное содержание гумуса в почве, на поле подготавливаемом для возделывания бекмании обыкновенной на семена, можно вычислить будущую биологическую урожайность семян, исходя из наличия определенного количества гумуса и при внесении в почву  $N_{60}P_{60}K_{90}$  минерального удобрения.

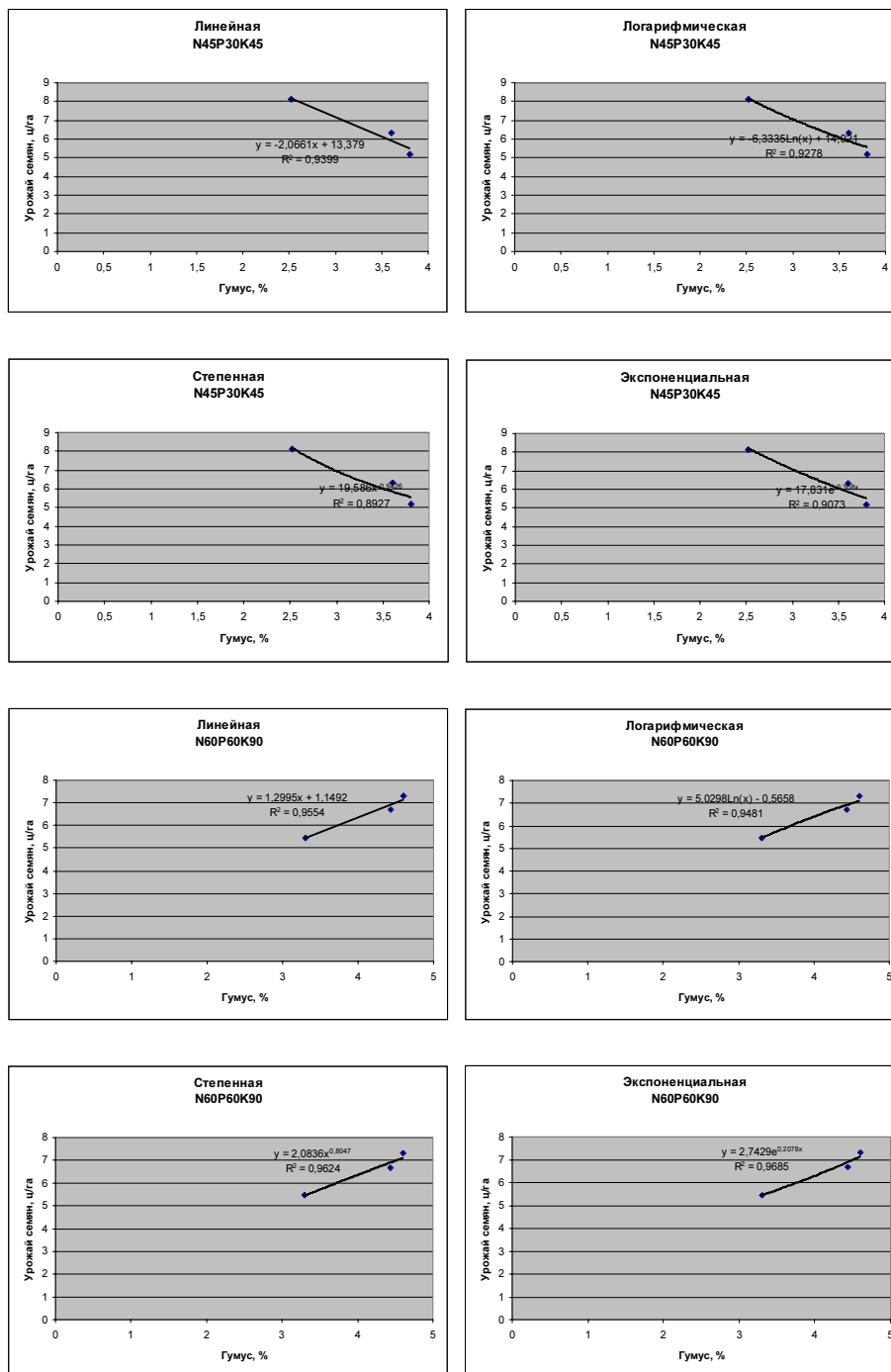


Рис. 4. Зависимость урожайности семян бекмании обыкновенной от содержания гумуса в почве и от внесенной дозы NPK

## ВЫВОДЫ

1. В опытах по изучению семенной продуктивности бекмании обыкновенной выявлена исключительная неоднородность свойств и показателей, характеризующих плодородие мелиорированных дерново-подзолистых глееватых почв Поозерья.
2. Установлена высокая корреляционная зависимость урожайности семян бекмании обыкновенной с содержанием в почве гумуса, описываемая уравнениями линейной модели  $y = 0,648x + 3,1295$  экспоненциальной  $y = 3,5243e^{0,1187x}$ .
3. Для погодных условий вегетационных периодов 2008-2010 гг. характерна зависимость урожайности семян бекмании обыкновенной от объемной влажности почв ( $y = 0,2313x - 0,5589$ ).
4. Полученные данные позволяют более рационально размещать семенные посевы многолетних злаковых трав, планировать семенную продуктивность, исходя, прежде всего, из содержания органического вещества и увлажненности земель.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лупинович, И.С. Значение агрохимических свойств почв при оценке их плодородия / И.С. Лупинович, Т.Н. Кулаковская, И.М. Богдевич [и др.] // Почвоведение. – 1968. – № 5. – С. 55-62.
2. Кулаковская, Т.Н. Оптимальные параметры плодородия почв / Т.Н. Кулаковская, В.Ю. Кнашис, И.М. Богдевич [и др.]; под. ред. Т.Н. Кулаковской. – М.: Колос, 1984. – 271 с.
3. Богдевич, И.М. Модель расширенного воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв / И.М. Богдевич // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1988. – №11. – С. 40-44.
4. Богдевич, И.М. Агрохимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / И.М. Богдевич. – М., 1992. – 73 л.
5. Окультуривание связанных почв на объектах реконструкции осушительных систем: рекомендации / П.Ф. Тиво [и др.]. – Минск, 2008. – 24 с.
6. Минеев, В.Г. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев [и др.] – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.
7. Методические указания по селекции и семеноводству многолетних трав / З.Ш. Шамсудинов и др.]. – М.: ВНИИК, 1993. – 112 с.
8. Баздырев, Г.И. Земледелие / Г.И. Баздырев [и др.]. – М.: Колос, 2004. – 552 с.

## FERTILITY OF RECLAIMED SOD-PODZOLIC GLEYIC SOILS AND SEED PRODUCTIVITY OF BECKMANNIA ERUCIFORMIS

A.S. Meerovskij, N.M. Modnikova

### Summary

In article the influence of potential and effective soil fertility on seed productivity of perennial, hygrophilous, riding, rhizomatous of the grass – Beckmannia eruciformis

is considered. They are built linear and not linear correlation dependences of seed productivity from such factors as contents of humus in soil, volume humidity and doses of the mineral fertilizers. From the spent researches it is established that of seeds productivity of *Beckmannia eruciformis* has a linear dependence from potential and effective soil fertility. Using equations of the dependences, introduces possible to calculate the biological seed productivity of *Beckmannia eruciformis*, coming from security of soil humus and volume humidity. The value of seed productivity will in this instance allow directly to value the influence of the potential fertility. For an estimation of effective soil fertility in article the equations of correlation dependences taking into account doses of the used mineral fertilizers also are resulted.

*Поступила 9 сентября 2010 г.*

---

**РЕФЕРАТЫ****1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ  
И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

УДК 631.4

**Цытрон Г.С., Шибут Л.И.** Агропроизводственная группировка почв Беларуси по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 7.

В статье приводится усовершенствованная агропроизводственная группировка почв по их пригодности для различных сельскохозяйственных культур, возделываемых в республике. Она включает 15 агрогрупп, для которых приводится оценка пахотных земель по степеням пригодности (наиболее пригодные, пригодные, малопригодные, непригодные) для 16 культур.

Табл. 2. Библиогр. 26.

УДК 631.471

**Цытрон Г.С., Матыченков Д.В., Шульгина С.В.** База данных репрезентативных почвенных профилей Беларуси // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 18.

База данных репрезентативных почвенных профилей создана на 1-ом уровне обобщения Почвенной информационной системы Беларуси и включает в себя подробную информацию о наиболее распространенных почвенных разновидностях территории республики, представленных в виде 109 почвенных разрезов с подробной привязкой к территории и полным набором аналитических данных.

Табл. 1. Рис. 1. Библиогр. 13.

УДК 631.4

**Варламов Е.В.** Кумуликовые (намытые) почвы черноземной зоны Молдовы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 25.

Кумуликовые (намытые) почвы формируются в результате намыва с повышенных форм рельефа у подножья склонов, в ложбинах, лощинах и на конусах выноса материала верхних горизонтов почв или материала почвообразующих пород. Они образуются в результате сочетания делювиального, коллювиального или пролювиального процессов осадконакопления с процессом почвообразования. В зависимости от интенсивности почвообразовательного процесса, ритмичности и скорости накопления намываемого материала, степени его гумусированности и гранулометрического состава, формируется очень широкий спектр кумуликовых (намытых) почв – от слаборазвитых до полноразвитых, от мало-

мощных до сверхмощных, от слабогумусовых до гумусовых, от песчаных до глинистых.

Табл. 1. Библиогр. 6.

УДК 631.44

**Чербарь В.В., Варламов Е.Б.** Классификация кумуликовых (намытых) почв черноземной зоны Молдовы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 33.

Классификация кумуликовых почв черноземной зоны Молдовы составлена с учетом: принадлежности к тому или иному подтипу черноземов или к интразональным почвам черноземной зоны; мощности толщи недифференцированных на генетические горизонты наносов над первоначальной изогумусовой почвой или степени кольматации ее верхнего (0-50см) слоя; общей мощности слоев и горизонтов с содержанием гумуса более 1%; глубины погребения изогумусовых почв в случае мощности наносов над первоначальной почвой более 50 см; степени гумусированности пахотного слоя.

Табл. 4. Библиогр. 8.

УДК 631.434:631.471

**Романова Т.А., Черныш А.Ф., Червань А.Н., Радюк А.Э.** Агроэкологическая составляющая потенциала почвенно-земельных ресурсов // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 40.

В статье представлен первый вариант методики количественной оценки агроэкологического потенциала почвенно-земельных ресурсов эрозионных и заболоченных ландшафтов, т.е. информация, определяющая возможность неистощительного использования земель при сохранении природного равновесия.

Табл. 3. Рис. 1. Библиогр. 6.

УДК 631.4

**Афанасьев Н.И., Юхновец Ан.В.** Коэффициенты устойчивости почв Беларуси к водной эрозии // Почвоведение и агрохимия – 2010 – №2(45). – С. 49.

Расчетным способом определены коэффициенты эрозионной устойчивости для 10 почв Беларуси. Для этой цели использованы данные гранулометрического и валового химического состава. Коэффициенты по гранулометрическому составу изменялись 0,5 до 5,8, а по соотношению полуторных оксидов от 6,4 до 19,0. Устойчивость почв к эрозии определяется величиной коэффициента, который зависит от содержания песка.

Табл. 2. Библиогр. 8.



## 2. ПЛОДОРДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

УДК 631.82:633.1:631.445.2

**Богдевич И.М., Микулич В.А., Каленик Г.И.** Зависимость урожайности и качества продукции зерновых культур от обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв фосфором и доз минеральных удобрений // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 55.

Действие различных доз минеральных удобрений на урожайность и качество продукции зерновых культур в зависимости от четырех уровней обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв фосфатами исследовали в Беларуси в стационарных полевых опытах (2005-2009 гг.). Повышение содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой моренным суглинком, почве в диапазоне 70-400 мг  $P_2O_5$  на кг почвы сопровождается увеличением урожайности зерна яровой пшеницы (до 1,8 раз) и сбора белка с гектара посева (до 1,9 раз). На менее плодородной, рыхлосупесчаной, подстилаемой размытой мореной с мощной прослойкой песка, почве прирост урожайности гороха и озимого тритикале затухает по параболической кривой с максимумом в пределах содержания  $P_2O_5$  200-400 мг/кг почвы. Содержание подвижных фосфатов, соответствующее максимуму урожайности рассматривается в качестве верхнего уровня оптимального диапазона, а соответствующее максимальной прибавке урожайности на 1 кг внесенного фосфора удобрений – как нижний уровень оптимального диапазона для полевых севооборотов. Отмечено повышение содержания сырого протеина, клейковины, а также улучшение аминокислотного состава и биологического качества белка зерновых культур по мере повышения обеспеченности почвы подвижными фосфатами до оптимального диапазона.

Табл. 9. Рис. 6. Библиогр. 26.

УДК 631.8.022.3:631.582:631.445.2

**Босак В.Н., Марцунь О.Н., Серая Т.М., Богатырева Е.Н., Мезенцева Е.Г.** Баланс и динамика агрохимических показателей в зависимости от применения удобрений в звене севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 73.

В исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве воспроизводство содержания важнейших агрохимических показателей в пахотном горизонте обеспечило внесение 60 т/га подстилочного навоза КРС, 60 т/га торфонавозного компоста, 40 т/га подстилочного навоза КРС в сочетании с 5 т/га соломы озимого тритикале на фоне полного минерального удобрения  $N_{210}P_{160}K_{330}$ . Применение данной системы удобрения способствовало также получению максимальной продуктивности звена севооборота кукуруза – яровое тритикале – люпин узколистный 108,9-111,2 ц/га к.ед. при прибавке от внесения органических удобрений 12.1-14,4 ц/га к.ед., полного минерального удобрения – 24,3 ц/га к.ед.

Табл. 3. Библиогр. 11.

УДК 631.53.027:633.14:631.812.2

**Привалов Ф.И., Павловский В.К., Пироговская Г.В., Будевич Г.В., Шанбанович Г.Н.** Применение жидких комплексных удобрений для предпосевной обработки семян озимой ржи // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 81.

Исследовано влияние новых форм удобрений жидких комплексных для зерновых культур, марки N-P-K = 8-4-9-0,15(Cu – в хелатной форме) – 0,10(Mn – в хелатной форме) в компонентных составах при предпосевной обработке семян озимой ржи на рост и развитием растений, проявление болезней, развитие снежной плесени и корневых гнилей, на всхожесть, ростовые процессы и перезимовку растений, урожайность и структурные показатели и экономическую эффективность, применяемых агротехнических приемов.

Установлено, что применение удобрений жидких комплексных для зерновых культур в компонентных составах при предпосевной обработке семян озимой ржи является эффективным приемом повышения урожайности озимой ржи, за счет обеспечения на ранних этапах органогенеза повышения всхожести семян, ростовых процессов, улучшения перезимовки и сохранности растений в течение вегетации, а также снижении инфицированности семян и развития других болезней, что обеспечило прибавку урожайности зерна в пределах от 11,0 до 16,3%.

Табл. 5. Библиогр. 5.

УДК 633.14

**Радовня О.С., Радовня В.А., Шиманский Л.П.** Накопление белка в зерне озимой ржи в зависимости от динамики налива // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 89.

Изучено 7 сортов тетраплоидной и 8 сортов диплоидной озимой ржи в период налива зерна. Представлены зависимости накопления белка в зерне в этот период. Выявлено существенное значение признака скорости накопления сухого вещества в зерне на его белковость.

Табл. 3. Рис. 2. Библиогр. 3.

УДК 633.112.9:631.82:631.559:631.445.24

**Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Ломонос М.М., Пилипчук А.В., Шумак С.М.** Эффективность систем удобрения при возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 98.

Приведены результаты исследований по влиянию минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимого тритикале, возделываемого в зернотравяном севообороте после клевера лугового на дерново-подзолистой супесчаной почве. Установлено, что дробное внесение азота в дозе 150 кг/га (N<sub>90</sub> в начале возобновления вегетации + N<sub>30</sub> в фазу первого узла + N<sub>30</sub> в фазу последний лист) на фоне P<sub>40</sub>K<sub>80</sub> и последствия 40 т/га солоमистого навоза КРС способство-

вало формированию урожайности озимого тритикале 76,5 ц/га с содержанием сырого белка 12,1% и сбором сырого белка 788 кг/га.

Табл. 7. Рис. 1. Библиогр. 5.

УДК 633.112.9:631.86:631.82

**Серая Т.М., Мезенцева Е.Г., Богатырева Е.Н., Бирюкова О.М., Бирюков Р.Н., Родина М.Э.** Влияние удобрений на показатели качества зерна озимого тритикале на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 109.

В статье приведены результаты исследований качественного состава зерна озимого тритикале, возделываемого на дерново-подзолистой суглинистой и рыхлосупесчаной почвах в зависимости от применения органических и минеральных удобрений

Табл. 5. Библиогр. 7.

УДК 631.8:633.16

**Пироговская Г.В., Русалович А.М., Сазоненко О.П., Сороко В.И., Исаева О.И., Хмелевский С.С., Филипенко С.В., Сенченко В.Г.** Эффективность комплексных удобрений в технологии возделывания пивоваренного ячменя // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 117.

В статье представлены результаты исследований (2007-2010 гг.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве высокого уровня плодородия по изучению разных форм и доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов (меди и марганца) и биологически активных веществ при основном внесении их в почву, на урожайность и качественные показатели пивоваренного ячменя сорта Атаман и Бровар.

Установлено, что применение разных форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регулятора роста растений в технологии возделывания пивоваренного ячменя обеспечило увеличение урожайности зерна на 3,3-6,1 ц/га (при урожайности 60,2-60,0 ц/га ячменя сорта Атаман и 42,7-46,0 ц/га сорта Бровар), по сравнению со смесями стандартных туков (при урожайности 56,9 и 42,7 ц/га). Лучшими марками комплексных удобрений с микроэлементами на этих почвах оказались: N:P:K = 9:13:18; N:P:K = 10:19:25; N:P:K = 13:19:25; N:P:K = 10:16:19, которые обеспечили прибавку зерна в пределах от 4,2 до 6,1 ц/га, с показателями качества зерна (содержания белка, крахмала) на уровне требуемых стандартов.

Табл. 7. Библиогр. 11.

УДК 633.853.494:631.821.1:631.445.2

**Сафроновская Г.М., Царук И.А.** Химический состав и вынос элементов питания урожая ярового рапса при известковании дерново-подзолистой легкосуг-

линистой слабокислой почвы различными формами мелиорантов // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2(45). – С. 134.

При известковании дерново-подзолистой слабокислой почвы различные формы известковых мелиорантов положительно влияли на урожайность семян ярового рапса, на химический состав растений и вынос основных элементов питания урожаем культуры. На рост удельного выноса кальция и магния урожаем практически не влияло применение карбонатного сапропеля. Внесение доломитовой муки, обладающей более длительным последствием, содержащей кальций и магний, способствовало увеличению удельного выноса кальция с 9,0 до 9,9-10,8 кг/т, магния – с 4,1 до 4,5-5,2 кг/т. Наибольший удельный вынос кальция получен при внесении мела – 11,7 кг/га. Известкование слабокислой почвы способствовало росту удельного выноса фосфора на 0,5-1,6 кг/т, однако сами формы мелиорантов не оказывали существенного влияния на вынос фосфора, значения которого по вариантам составляли 24,2-25,3 кг/т.

На фоне доломитовой муки повышение доз калия с 90 до 150 кг/га увеличивало содержание калия в сухой массе семян рапса на 0,09%, в соломе – на 0,41%. При этом, удельный вынос элемента возрастал с 23,5 до 29,0 кг/т соответственно, что еще обусловлено ростом урожайности семян от калийного удобрения. Увеличение дозы азота со 120 до 150 кг/га повышало удельный вынос элемента с 37,6 до 38,6 кг/т (на 1 кг/т).

Табл. 6. Рис. 1. Библиогр. 7.

УДК 631.84:633.1:631.445.2

**Цыбулько Н.Н., Киселева Д.В.** Баланс азота удобрений в системе почва-растение под зерновыми культурами на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 145.

На дерново-подзолистой супесчаной почве изучена структура баланса азота в системе почва-растение в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений. Установлено, что в азотном питании растений преобладает азот почвы. Продуктивность ячменя и озимой ржи на 80-85% формируется за счет почвенного азота и на 15-20% за счет азота удобрений. В зерне концентрируется 68-72% всего поглощенного растениями азота удобрений.

Коэффициенты использования азота удобрений колеблются в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений от 30 до 38%. Дробное применение азота способствует повышению коэффициента его использования на 5-8%. При увеличении доз удобрений величина потребления азота растениями возрастает, однако коэффициенты использования снижаются.

В почвенном профиле закрепляется от 21 до 40% азота удобрений. С повышением доз удобрений абсолютные размеры закрепления азота возрастают, относительные снижаются. Основное количество (65-72%) закрепленного в почве азота концентрируется в пахотном (0-20 см) слое. Дробное внесение азотных удобрений способствует снижению миграции азота в подпахотные горизонты.

Потери азота в результате вымывания и денитрификации составляют в зависимости от доз и сроков его внесения от 23 до 47%. Высокая скорость иммобилизации и фиксации азота способствует снижению его потерь. Повышение

доз азотных удобрений приводит к увеличению абсолютных и относительных потерь азота, дробное применение – к снижению их на 5-6%.

Табл. 7. Библиогр. 18.

УДК 631.8:54 + 539.1.04

**Цыбулько Н.Н., Киселева Д.В.** Мобилизация азота почвы под влиянием азотных удобрений и поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 156.

На дерново-подзолистой супесчаной почве изучено влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на образование «экстра»-азота и взаимосвязь его с аккумуляцией  $^{137}\text{Cs}$  в растениях. Установлено, что азотные удобрения повышают потребление растениями азота почвы по отношению к фону на 30-89% в зависимости от их доз. При дробном внесении  $\text{N}_9$  по сравнению с однократным, количество «экстра»-азота в растениях увеличивается на 0,32-1,44 г/м<sup>2</sup>, а при увеличении дозы удобрения до  $\text{N}_{12}$  – на 0,63-1,60 г/м<sup>2</sup>. На единицу азота удобрений мобилизуется 0,31-0,92 единицы почвенного азота. При дробном внесении азотных удобрений и с увеличением их доз значение данного показателя возрастает.

Наличие тесной положительной корреляции между концентрацией  $^{137}\text{Cs}$  в зерне и величиной «экстра»-азота указывает на то, что азотные удобрения не только напрямую усиливают миграцию  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва-растение, но и косвенно – в результате дополнительной мобилизации и потребления растениями почвенного азота.

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр. 26.

УДК 631.8:631.4

**Шик А.С., Антонюк А.С., Бачило В.А., Устинова А.М., Лихацевич Н.А., Сатишур В.А.** Эффективность применения удобрений в дифференцированных севооборотах в условиях гетерогенного почвенного покрова Полесья // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 164.

Внесение удобрений оказало положительное влияние на производительную способность дефляционноопасных почв Полесья как в традиционном (зерно-пропашном), так и в почвозащитном (травяно-зерновом) севооборотах. В традиционном севообороте самый высокий чистый доход получен в варианте  $\text{N}_{73}\text{P}_{64}\text{K}_{120}$  – 105-141\$ USA/га при рентабельности 64-80%. В почвозащитном севообороте внесение  $\text{N}_{56}\text{P}_{84}\text{K}_{148}$  + микроэлементы наиболее экономически выгодным (33-86\$ USA/га чистой прибыли, уровень рентабельности 20-49%).

Табл. 3. Библиогр.6.

УДК 633.11.321:631.81.095.337

**Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И.** Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании яровой пшеницы // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 172.

Применение комплексных микроудобрений Эколиста и Витамара повышало урожайность зерна яровой пшеницы на фоне  $N_{70}P_{60}K_{90} + N_{30}$  на 3,3 и 4,6 ц/га и сбор сырого белка на 0,3 и 0,4 ц/га.

Табл. 5. Библиогр. 7.

УДК 631.8:633.367

**Николаева Т.Г.** Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на содержание аминокислот в зеленой массе и зерне люпина узколистного // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 180.

Изучено влияние различных сроков и доз применения некорневых подкормок кобальтовыми и марганцевыми удобрениями на аминокислотный состав зеленой массы и зерна люпина узколистного при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установлено, что максимальное содержание критических и незаменимых аминокислот отмечено при проведении некорневых подкормок хелатами кобальта и марганца в дозах по 50 г/га д.в. в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов и в два срока: в фазу бутонизации и в фазу конец цветения – начало образования сизых бобов хелатами микроэлементов в тех же дозах.

Табл. 2. Библиогр. 11.

УДК 631.81.095.337:633.521

**Барашкова Е.Н.** Влияние различных форм и доз микроудобрений на урожайность и качество семян льна масличного // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 186.

В полевом опыте при возделывании льна масличного изучено влияние различных доз и форм микроудобрений в некорневую подкормку на урожайность и качество семян льна масличного. Экспериментальные данные показали, что наиболее эффективно внесение в некорневую подкормку удобрения МикроС-тим – Цинк, Бор в дозах 0,16 и 0,1 кг/га д.в. и МикроСтим – Цинк, Медь в дозах 0,1 и 0,03 кг/га д.в. Некорневая подкормка льна масличного микроудобрениями способствует повышению масличности семян льна.

Табл.3. Библиогр. 8.

УДК 631.847.22:633.358:631.445.24

**Михайловская Н.А., Тарасюк Е.Г., Маркевич Д.В.** Влияние бактериального удобрения Калиплант на качество гороха на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 193.

Установлено, что на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием калия в диапазоне 94-164 мг/кг применение бактериального удобрения Калиплант на основе калиймобилизующих бактерий повышает урожайность зерна гороха на 2-4 ц/га, содержание белка в зерне на 0,4-4,0% и улучшает его биологическую ценность по содержанию критических и незаменимых аминокислот.

Табл. 3. Рис.2. Библиогр. 12.

УДК 633.494:631.5

**Бобовкина В.В., Радовня В.А., Михайловская Н.А., Бруй И.Г.** Влияние регуляторов роста и бактериальных удобрений на урожайность и качество подсолнечника // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 200.

Установлено положительное влияние бактериальных удобрений Азобактерина, Калипланта и фосфатмобилизирующих бактерий на урожайность подсолнечника масличного гибрид Донской – 22. По сравнению с бактериальными удобрениями регуляторы роста Сейбит, Агат-25 К и оксидат торфа были менее эффективны. Наибольшее влияние на сбор жира оказали фосфатмобилизирующие бактерии, Азобактерин, Калиплант; на массу 1000 семян подсолнечника – оксидат торфа, фосфатмобилизирующие бактерии, Азобактерин и Калиплант.

Табл. 4. Рис. 1. Библиогр. 6.

УДК 631.8.022.3:635.64

**Кошман М.Е., Скорина В.В.** Продуктивность томатов в зависимости от применения удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2(45). – С. 207.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве применение полного минерального удобрения  $N_{80}P_{120}K_{100}$  обеспечило прибавку урожая плодов томатов 10,1 т/га при общей урожайности 35,7 т/га, массе 1 плода 79 г и завязываемости плодов 77,2%.

Обработка растений томата бактериальным препаратом фитостимифос обеспечила одинаковую агрономическую эффективность в сравнении с полным минеральным удобрением.

Табл. 3. Библиогр. 20.

УДК 633.22:631.52

**Мееровский А.С., Модникова Н.М.** Плодородие мелиорированных дерново-подзолистых глееватых почв и семенная продуктивность бекмании обыкновенной // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – №2(45). – С. 214.

В статье рассмотрено влияние потенциального и эффективного почвенного плодородия на урожайность семян многолетнего, влаголюбивого, верхового, корневищного злака – бекмании обыкновенной. Построены линейные и не линейные корреляционные зависимости урожайности семян от таких показателей как содержание гумуса в почве, объемная влажность и дозы минеральных удобрений. Из проведенных исследований установлено, что урожайность семян бекмании обыкновенной имеет линейную зависимость от потенциального и эффективного почвенного плодородия. Используя уравнения зависимостей, представляется возможным рассчитать биологическую урожайность семян бекмании обыкновенной, исходя из обеспеченности почвы гумусом и объемной влажностью. Величина урожайности семян в данном случае позволит непосредственно оценить влияние потенциального плодородия. Для оценки эффективного почвенного плодородия в статье также приведены уравнения корреляционных зависимостей с учетом доз использованных минеральных удобрений.

Табл. 2. Рис. 4. 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.

---

Ответственный за выпуск *Н.Ю. Жабровская*  
Редактор и корректор *Т.Н. Самосюк*  
Компьютерная верстка *С.Н. Стромской*

Подписано в печать 14.12.2010. Формат 70x100 1/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Arial Cyr. Усл.-печ. л. 18,85. Уч.-изд. л. 15,68. Тираж 150 экз. Заказ 756.

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии  
«Информационно-вычислительный центр  
Министерства финансов Республики Беларусь»  
ЛП № 02330/0056683 от 29.03.2004.  
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17