

# ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта 2007  
года

Выходит один раз  
в два месяца

**УЧРЕДИТЕЛЬ/ИЗДАТЕЛЬ:**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЯНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

Научный журнал

Журнал включен в Российский  
индекс научного цитирования  
(РИНЦ).

Полные тексты статей доступны на  
сайте научной электронной  
библиотеки eLIBRARY.RU:  
<https://elibrary.ru>

Индекс журнала на сайте  
«Объединенного каталога  
«Пресса России»  
[www.pressa-rf.ru](http://www.pressa-rf.ru)  
33361.

Журнал «Вестник Брянской ГСХА»  
входит в Перечень рецензируемых  
научных изданий (по состоянию на  
22.05.2023), в которых должны быть  
опубликованы основные научные  
результаты диссертаций на  
соискание ученой степени  
кандидата наук, на соискание  
ученой степени доктора наук, по  
научным специальностям и  
соответствующим им отраслям  
науки:  
4.1.1. Общее земледелие и  
растениеводство  
(сельскохозяйственные науки),  
4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение,  
защита и карантин растений  
(сельскохозяйственные науки),  
4.2.4. Частная зоотехния, кормление,  
технологии приготовления кормов и  
производства продукции  
животноводства  
(сельскохозяйственные науки),  
4.3.1. Технологии, машины и  
оборудование для  
агропромышленного комплекса  
(технические науки).

№ 6 (10)  
НОЯБРЬ-ДЕКАБРЬ 2023  
СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>Просьянников Е.В.</b> Плодородие почвы и продуктивность земли	3
<b>Мамеев В.В., Ториков В.Е., Нестеренко О.А.</b> Изменение баланса гумуса в полевых севооборотах и мероприятия по его увеличению	9
<b>Силаев А.Л., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В.</b> Агрехимические аспекты использования центральной поймы реки Ипуть в качестве пастбища	18
<b>Иванова Л.П., Клименков Ф.И., Клименкова И.Н., Аленичева А.Д., Упельник В.П.</b> Сравнительная оценка корневых систем злаковых культур: озимой и яровой пшеницы, трититригии и вида пырея <i>Elyrigia intermedia</i>	23
<b>Мельникова О.В., Сальникова И.А., Ториков В.Е., Мельников Д.М.</b> Адаптивность, пластичность и стабильность сортов ярового ячменя по показателю «урожайность» в зависимости от применяемых биопрепаратов	30
<b>Полянский А.Л., Малышева Е.В., Мязин Н.Г.</b> Оценка применения минеральных удобрений под кукурузу при возделывании на зерно в западной части ЦЧР	36
<b>Милехина Н.В., Дьяченко В.В., Сазонова И.Д.</b> Изучение сортов люпина узколистного на продуктивность в условиях Брянской области	42
<b>Харкевич Л.П., Ситнов Д.М., Адамко В.Н., Поцепай С.Н.</b> Урожайность и качество бобово-злаковых травосмесей при выращивании на радиоактивно загрязненных угодьях	48

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

<b>Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И.</b> Показатели эффективности использования подкислителя при выращивании цыплят-бройлеров	52
<b>Лемеш Е.А., Гулаков А.Н., Шепелев С.И.</b> Влияние кормовой добавки на показатели продуктивности лактирующих коров	57
<b>Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Сысоева Е.Э., Подольников М.В.</b> Эфирное масло орегано в комплексе с оксидом цинка в рационах поросят-отъемышей	61

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Никитин В.В., Ожерельев В.Н.</b> Уточнение математической модели поперечного сечения зерна пшеницы	65
<b>Никитин А.М., Безик В.А., Широкова О.Е.</b> Анализ потерь электроэнергии в сельских распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ	69
<b>Васькин А.Н., Никитин А.М., Ракутько Е.Н.</b> Исследование эффективности использования энергии в процессе облучения растений	74

№ 6 (100)

NOVEMBER-DECEMBER 2023

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

<b>E.V. Prosyannikov</b> Soil fertility and land productivity	3
<b>V.V. Mameev, V.E. Torikov, O.A. Nesterenko</b> Comparative analysis of humus balance in crop rotations longterm field experiments of an intensive type	9
<b>A.L. Silaev, V.F. Shapovalov, E.V. Smolsky</b> Agrochemical aspects of using the central floodplain of the river Iput' as a pasture	18
<b>L.P. Ivanova, F.I. Klimentov, I.N. Klimentkova, A.D. Alenicheva, V.P. Uпельnik</b> Comparative evaluation of the root systems of cereal crops: winter and spring wheat, trititrigia and a wheatgrass variety <i>Elyrigia intermedia</i>	23
<b>O.V. Mel'nikova, I.A. Sal'nikova, V.E. Torikov, D.M. Mel'nikov</b> Adaptability, plasticity and stability of spring barley varieties in terms of "yields", depending on the biological products used	30
<b>A.L. Polyanskiy, E.V. Malysheva, N.G. Myazin</b> Evaluation of using mineral fertilizers for corn in grain cultivation in the western part of the central Black Soil Region	36
<b>N.V. Milyekhina, V.V. D'yachenko, I.D. Sazonova</b> Studying angustifolia lupine varieties on productivity in the conditions of the Bryansk region	42
<b>L.P. Rharkevich, D.M. Sitnov, V.N. Adamko, S.N. Potsepai</b> Yield and quality of legume-cereal grass mixtures when grown on radioactively contaminated land	48

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

<b>A.G. Menyakina, L.N. Gamko, A.I. Strochenova</b> Efficiency indicators of using acidifier when raising broiler chickens	52
<b>E.A. Lemesh, A.N. Gulakov, S.I. Shepelev</b> The effect of feed additive on the productivity of lactating cows	57
<b>V.E. Podol'nikov, L.N. Gamko, E.E. Sysoeva, M.V. Podol'nikov</b> Oregano essential oil in combination with zinc oxide in the diets of weaning pigs	61

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

<b>V.V. Nikitin, V.N. Ozherel'ev</b> Refinement of the mathematical model of the cross section of wheat grain	65
<b>A.M. Nikitin, V.A. Bezik, O.E. Shirobokova</b> Analysis of electricity losses in rural distribution networks with a voltage of 6-10/0.4 kV	69
<b>A.N. Vas'kin, A.M. Nikitin, E.N. Rakut'ko</b> Energy efficiency research in the process of irradiation of plants	74

**Главный редактор** В.Е. Ториков – д. с.-х. н., проф. Брянского ГАУ (Брянская область)

**Editor-in-Chief:** V.E. Torikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region)

**Редакционный совет:**

Н.М. Белоус – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); П.Н. Балабко – д-р биол. наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва); В.В. Дьяченко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); С.Н. Евдокименко – д-р с.-х. наук, вед. науч. сотрудник ФНЦ Садоводства (г. Москва); А.А. Завалин – акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва); В.А. Исайчев – д-р с.-х. наук, профессор Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина (г. Ульяновск); Г.П. Малявко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); А.В. Пасынков – д-р биол. наук, глав. науч. сотрудник Агрофизического НИИ (г. Санкт-Петербург); Т.Ф. Персикова – д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. Сычев – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); В.Е. Бердышев – д-р техн. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); А.А. Бойко – д-р техн. наук, профеммор ГГТУ имени П.О. Сухого (г. Гомель); Н.Н. Дубенок – акад. РАН, д-р с.-х. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); М.Н. Ерохин – акад. РАН, д-р техн. наук, профессор РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва); А.М. Михальченков – д-р техн. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Н.И. Гавриченко – д-р биол. наук, профессор Витебской ГАВМ (г. Витебск); Л.Н. Гамко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.Ю. Карпенко – д-р биол. наук, профессор Санкт-Петербургской ГАВМ (г. Санкт-Петербург); С.А. Козлов – д-р биол. наук, профессор Московской ГАВМ им. К.И. Скрябина (г. Москва); Е.Я. Лебедко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.А. Танана – д-р с.-х. наук, профессор Гродненского ГАУ (г. Гродно).

**Редакторы:**

А.А. Осипов – ответственный редактор;  
Е.Н. Осипова – технический редактор;  
Е.В. Смольский – редактор рубрики/раздела;  
А.Г. Менякина – редактор рубрики/раздела;  
А.И. Купреенко – редактор рубрики/раздела;  
С.Н. Поцепай – корректор переводов;  
А.А. Кудрина – библиограф.

ISSN 2500-2651.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-28094 от 27 апреля 2007 г).  
Российской Федерации, номер Тираж 250 экз. Подписано в печать 13.12.2023.

Дата выхода в свет 22.12.2023.

Свободная цена.

Адрес редакции и издательства: 243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а,  
E-mail: torikov@bgsha.com.

Сайт: <https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha/>  
Отпечатано в УМИКЦ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

243365 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2023

**Editorial Board:**

N.M. Belous – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); P.N. Balabko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow State University named after M.V. Lomonosov (Moscow); V.V. D'yachenko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); S.N. Evdokimenko – Doctor of Agricultural Sciences of the Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (Moscow); A.A. Zavalin – Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov. (Moscow); V.A. Isaichev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin (Ulyanovsk); G.P. Malyavko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); A.V. Pasynkov – Doctor of Biological Sciences, chief researcher of the Agrophysical Research Institute (Saint-Petersburg); T.F. Persikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Belarusian SAA (Gorki); S.M. Sychyov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); V.E. Berdyshev – Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); A.A. Boyko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Gomel STU named after Sukhoi P.O. (Gomel); N.N. Dubenok – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); M.N. Erokhin – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU – MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); A.M. Mihal'chenkov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); N.I. Gavrichenko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Vitebsk SAVM (Vitebsk); L.N. Gamko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.Yu. Karpenko – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Saint-Petersburg SAVM (Saint-Petersburg); S.A. Kozlov – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow SAVM named after K.I. Skryabin (Moscow); E.Ya. Lebedko – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.A. Tanana – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Grodno SAU (Grodno).

**Editors:**

A.A. Osipov – executive editor;  
E.N. Osipova – technical editor;  
E.V. Smol'ski – column/section editor;  
A.G. Menyakina – column/section editor;  
A.I. Kupreenko – column/section editor;  
S.N. Potsepai – translation corrector;  
A.A. Kudrina – bibliographer.

ISSN 2500-2651.

The registration certificate of mass media PI № FS77-28094 of April 27, 2007.

Circulation of 250 copies. Signed to printing - 13.12.2023.

The release date is 22.12.2023.

Free price.

Edition address: 2a Sovetskaya St., Vygonichy District, Bryansk Region, Russia, 243365

E-mail: torikov@bgsha.com.

Website: Сайт: <https://www.bgsha.com/ru/bulletin-bgsha/>

© FSBEI HE Bryansk SAU, 2023



**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО**  
**AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT**

Обзорная статья  
 УДК 631.452:332.66

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-3-8

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕМЛИ**

**Евгений Владимирович Просянников**

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Изучены особенности современного применения важных для биосферы понятий «почва», «земля», «плодородие», «продуктивность». Показано, что их часто используют неправильно из-за непонимания принципиальных различий смысловой нагрузки, а иногда и по ведомственным соображениям. Экологическое невежество и/или экологический нигилизм в применении этих понятий обуславливают серьезные производственные ошибки, имеющие опасные экологические последствия. Обосновано предложение заменить многочисленные и разнообразные названия категорий, форм и видов почвенного плодородия двумя обобщенными терминами «плодородие почвы» и «плодородие почвенного покрова земли» и измерять их в относительных величинах – баллах. Указано на необходимость систематического проведения мониторинга плодородия и бонитировки почв на каждом земельном участке и оперативного использования рационально-эффективных способов их воспроизводства на основе экологических законов и принципов. Для обозначения эмерджентного свойства земли производить биологическую продукцию предложено взамен термина «плодородие» применять термин «продуктивность» и оценивать качество земли экономическим способом. Предтечей рационально-эффективного использования почвенно-земельных ресурсов как основы жизни людей и благосостояния государства должны стать непрерывное экологическое образование, оптимизация природной среды с помощью экологизации землепользования, усиление эколого-производственных функций почвенно-земельных ресурсов за счет постоянного воспроизводства плодородия почв и продуктивности земель.

**Ключевые слова:** почва, земля, плодородие, продуктивность, измерение, непрерывное экологическое образование, оптимизация природной среды.

**Для цитирования:** Просянников Е.В. Плодородие почвы и продуктивность земли // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 3-8 <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-3-8>.

**Review article**

**SOIL FERTILITY AND LAND PRODUCTIVITY**

**Evgeny V. Prosyannikov**

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** The features of the modern application of the concepts of "soil", "earth", "fertility", "productivity" being important for the biosphere have been studied. They have been shown to be often misused due to a lack of understanding of the fundamental differences in the semantic meaning, and sometimes because of departmental reasons. Environmental ignorance and/or environmental nihilism in the application of these concepts cause serious production errors having dangerous environmental consequences. The proposal has been justified to replace numerous and diverse names of categories, forms and types of soil fertility with two generalized terms "soil fertility" and "fertility of the soil cover of the earth" and measure them in relative values – points. It has been pointed out the need for systematic monitoring of soil fertility and its bonification on each land plot and the operational use of rational and effective methods of their reproduction based on environmental laws and principles. To denote the emergent property of the land to produce biological products, it has been proposed to use the term "productivity" instead of the term "fertility" and evaluate the quality of the land in an economic way. The forerunner of the rational and efficient use of soil and land resources as the basis of people's lives and state welfare should be continuous environmental education, optimization of the natural environment through the ecologization of land use, strengthening the ecological and production functions of soil and land resources due to the constant reproduction of soil fertility and land productivity.

**Keywords:** soil, land, fertility, productivity, measurement, continuous ecological education, optimization of the natural environment.

**For citation:** Prosyannikov E.V. Soil fertility and land productivity. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 3-8 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-3-8>.

**Введение.** Решением Всероссийской конференция «Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование», которая состоялась 5-7 декабря 2022 г. в Москве к 95-летию основания Почвенного института им. В.В. Докучаева, отмечена необходимость совершенствования образовательных программ по почвоведению, агрохимии, земледелию и агроэкологии с целью улучшения качества подготовки выпускников учебных заведений. Л.О. Карпачевский профессор факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, лауреат Государственной премии РФ и премии имени В.Р. Вильямса в статье «Что есть истина в почвоведении?» [1] при-

звал: «...отходить от старых положений и на современном уровне искать решения почвенных проблем. ...Многие постулаты почвоведения нуждаются в новой разработке и не в уточнении отдельных положений, а в коренной переработке». Аналогичное мнение, но более конкретно о почве и земле высказал доктор сельскохозяйственных наук П.А. Суханов из Агрофизического научно-исследовательского института [2].

Сегодня большинство людей, кроме почвоведов, различные по смыслу понятия: «почва» и «земля» используют как синонимы не только при устном общении, но и при написании текстов, в том числе официальных. Обусловлено это непониманием принципиальных различий смысловой нагрузки этих терминов, а иногда и ведомственными соображениями [3]. Особенно опасно поверхностное отношение к понятиям, обуславливающим основы жизнедеятельности людей, когда они вызваны недостатком знаний о почвенно-земельных ресурсах, неточностью некоторых словарей и справочников, а также интернета. Поисковая система «Яндекс» на вопрос: «Почва и земля – синонимы?» однозначно отвечает: «Различия никакого нет, это синонимы» и предлагает еще 96 синонимов понятия «почва», в том числе, просто невысказанных. Ведущие ученые-почвоведы современности Г.В. Добровольский и Ф.Р. Зайдельман отмечают [4], что необоснованные попытки использования общего понятия «земля» как единственного источника информации о свойствах почв территории при решении прикладных задач оказываются причиной серьезных производственных ошибок и опасных экологических последствий.

**Материалы и методы.** На основе системного подхода [5, 6] с помощью диалектического и теоретического методов изучали особенности современного применения научных терминов «почва», «земля», «плодородие», «продуктивность» для характеристики соответствующих природных систем и их рационально-эффективного использования.

**Результаты и их обсуждение.** Научная категория «почва» является основным понятием сформировавшейся многочисленной системы почвенных наук. Определение её закреплено ГОСТ 27593-88. «ПОЧВЫ. Термины и определения»: «Почва – самостоятельное естественно-историческое органо-минеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия».

Категория «земля» – основное понятие Земельного кодекса Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ, Федерального закона от 10.01.1996 № 4-ФЗ «О мелиорации земель», Федерального закона от 16.07.1998 № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», Федерального закона от 18.06.2001 № 78-ФЗ «О землеустройстве», Федерального закона от 24.07.2002 № 101-ФЗ «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» и многих других официальных документов. Определение «земля» было закреплено ГОСТ 26640-85 «Земли. Термины и определения»: «...это важнейшая часть окружающей природной среды, характеризующаяся пространством, рельефом, климатом, почвенным покровом, растительностью, недрами, водами, являющаяся главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, а также пространственным базисом для размещения предприятий и организаций всех отраслей народного хозяйства». Согласно новому ГОСТ Р 59055-2020 «Земли. Термины и определения»: «Земли: значительная по площади территория, на которой могут быть представлены разные типы почв, но имеющая конкретное хозяйственное назначение (сельскохозяйственное, рекреационное, лесопользование и пр.).»

Итак, понятия «почва» и «земля» не тождественны, значит и способности их различны.

Почва, как многофазная система характеризуется множеством показателей, при взаимодействии которых возникает эмерджентная способность – плодородие. По ГОСТ 27593-88. «ПОЧВЫ. Термины и определения» плодородие – это «...способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности». Являясь по своей природе эмерджентной способностью [6], плодородие не присуще частям почвы по-отдельности. Оно проявляется только при их взаимодействии по конкретным законам, которые определяют обмен информацией и энергией между частями почвенной системы, влияя на ее поведение как целого.

В литературе представлены различные аспекты рассматриваемой проблемы: плодородие почв, его виды и методы оценки [7]; плодородие почвы и продуктивность растений [8]; критерии и модели плодородия почв [9]; информационные региональные модели плодородия почв [10]; теоретические основы и пути регулирования плодородия почв [11, 12]; методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения [13]; плодородие и продуктивность почв: соотношение понятий [14]; плодородие почв, основные понятия [15]; ресурсы и процессы, определяющие плодородие [16]; показатели плодородия [17]; оценка плодородия [18]; модели и эталоны плодородия [19]; управление плодородием (основные понятия) [20]; параметры изменений показателей плодородия пахотных почв при различных уровнях антропогенных воздействий [21]; региональные нормативы создания систем сохранения и воспроизводства плодородия [22] и др.

Многочисленны и разнообразны названия категорий, форм и видов плодородия: природное или естественное; естественно-антропогенное; потенциальное или пассивное; искусственное; действительное или актуальное, или реальное, или эффективное; экономическое и др. Для их измерения используют разные единицы, что еще раз свидетельствует об их несоответствии ГОСТ 27593-88. Большое разнообразие терминов и единиц измерения затрудняет их понимание и правильное использование.

Ученые Почвенного института им. В.В. Докучаева утверждают [16], что плодородие почвы обеспечивают природные и антропогенные ресурсы плодородия. Природные ресурсы – это морфологическое, физическое и гумусовое состояние почвы, количество в ней питательных веществ, а также её световой, тепловой, водно-воздушный и другие режимы. Поступление ресурсов в природных условиях циклическое: определяется географическим положением местности и рельефом. Природные ресурсы дополняются антропогенными ресурсами плодородия, обусловленными прямым или косвенным воздействием человека на почву, то есть являются управляемым способом повышения плодородия почвы путем оптимизации условий роста и развития возделываемых растений.

Обеспеченность растений природными и антропогенными ресурсами плодородия сама по себе недостаточна: необходимы механизмы передачи ресурсов плодородия растениям. Элементы питания из почвы поступают в корни благодаря двум механизмам: распространения корней за счёт роста в новые объёмы почвы и встречной миграции элементов питания в прикорневую зону. Рост корней определяется агрегатным составом почвы, её водно-воздушным и тепловым режимом. При разрушении структурных агрегатов почва сильно уплотняется, что препятствует росту корней. Как при очень благоприятном, так и при очень неблагоприятном соотношении в почве влаги и воздуха скорость роста корней уменьшается. Миграция элементов питания в почве происходит благодаря процессам конвективной диффузии, скорость и интенсивность которых зависят от влажности почвы, температуры, растворимости питательных веществ, скорости растворения и ионного обмена. Интенсивность процессов транспирации влаги растениями и фотосинтеза зависят от светового, теплового и водно-воздушного режима. На все это существенно влияют своевременность и качество выполнения агротехнических мероприятий, которые в агрогоризонте воздействуют на многие состояния почвы, её свойства и режимы. Важны микробиологические процессы, которые тоже регулируют доступность элементов питания растениям, разлагая органические вещества до более простых соединений или связывая последние в новые сложные вещества, а также за счет растворения минералов почвы.

Итак, в биосферном понимании, плодородие, являясь способностью почвы обеспечивать условия для нормальной жизнедеятельности растений, создает соответствующие условия и для остальных организмов, в том числе человека. Исходя из этого, все многообразие категорий, форм и видов плодородия целесообразно объединить одним термином «плодородие почвы», а для конкретного земельного участка – «плодородие почвенного покрова».

Поскольку плодородие почвы и плодородие почвенного покрова являются эмерджентными способностями соответствующих почвенных систем, то единственным способом их выражения являются относительные единицы – баллы. Существует ряд современных способов определения величины плодородия, критический обзор которых сделан Л.М. Державиным, А.С. Фридом [23] и В.И. Кирюшиным [24].

Растения предъявляют неодинаковые требования к почвенным условиям своего роста и развития [25]. Поэтому различные почвы не могут быть одинаково хороши для всех растений. Одна и та же почва для одних растений может быть плодородной, а для других – малоплодородной. Поэтому важно устанавливать величину плодородия каждой почвы не вообще, а для конкретной производственной группы, подгруппы и даже отдельной сельскохозяйственной культуры. Для такой оценки используют бонитировку – «специализированную генетико-производственную классификацию почв, плодородие которых выражено в баллах» [26].

А. Демолон отмечает [27]: «Плодородие почвы зависит главным образом от ее профиля, но достигает максимума только, когда питание данного растения является оптимальным», поэтому «определение плодородия требует сочетания почвенного изучения и полевых опытов, выполненных соответствующим образом». Только на основе такого двойного контроля определяют балл бонитета почвы.

В настоящее время, когда антропогенное воздействие на почвенный покров лавинообразно усиливается, важно регулярно проводить мониторинг плодородия и бонитета почвенного покрова производственных земельных участков и использовать рационально-эффективные способы их воспроизводства на основе экологических законов и принципов [28].

Основоположники почвоведения всегда уделяли особое внимание решению практических вопросов, связанных с увеличением плодородия. В.В. Докучаев, П.А. Костычев, Н.М. Сибирцев, В.Р. Вильямс не разделяли понятия «почва» и «земля». Они рассматривали урожайность земель как итог взаимодействия их почв с другими местными природными условиями и растениеводческой культурой. В.В. Докучаев указывал [29]: «Все ...факторы, лежащие в основе сельского хозяйства, до такой степени тесно связаны между собой, так сказать переплетаются друг с другом, до такой степени трудно расчленимы в их влиянии на жизнь человека, что как при изучении этих факторов, так и особенно при овладении ими (если желают, конечно), безусловно необходимо иметь в виду, по возможности, всю единую, цельную и нераздельную природу, а не отрывочные ее части; необходимо одинаково чтить и штудировать все главнейшие элементы ее ...иначе мы никогда не сумеем управлять ими, никогда не будем в состоянии учесть, что принадлежит одному и что другому фактору».

Некоторые специалисты считают, что критериями для оценки почв должны быть, главным образом, показатели агрохимических анализов. На неверность такого мнения указывал П.А. Костычев [цит. по 26]: «Один химический анализ почв во многих случаях мог бы привести нас к заключениям ошибочным, хотя лица, мало знакомые с делом, склонны приписывать химическому анализу очень важное значение при сравнительной оценке почв». Основоположник агропочвоведения рекомендовал при сравнении достоинства различных почв особенно обращать внимание на их происхождение, характер произрастающей культурной растительности, местоположение, мощность профиля и качества подпочвы. Он указывал, что определять баллы бонитета почв только по качествам агрогоризонта, не учитывая состав и свойства глубже лежащих горизонтов, ошибочно. Необходимо исследовать всю корнеобитаемую толщу.

В отличие от почв, землям не присуще плодородие, они, как природные системы, обладают эмерджентным свойством – продуктивностью, которое обуславливает качество земли конкретного участка. Продуктивность проявляется прямо в растениеводстве и косвенно в животноводстве в способности этих отраслей сельского хозяйства производить биологическую продукцию при взаимодействии плодородия почвенного покрова с остальными факторами земель: пространством, рельефом, климатом, растительностью, недрами, водами и антропогенными воздействиями.

В соответствии со статьей 12 Федерального закона от 18.06.2001 г. № 78-ФЗ «О землеустройстве» землю как средство производства в сельском хозяйстве оценивают по следующим показателям: пригодности для использования под различные виды сельскохозяйственных угодий; ассортименту сельскохозяйственных культур, которые целесообразно выращивать на земельном участке; нормативной урожайности сельскохозяйственных культур и естественного травостоя; нормативным затратам на возделывание и уборку урожая, а также на воспроизводство плодородия почв. Главными критериями продуктивности земли являются

ся экономические: урожайность сельскохозяйственных культур, валовой продукт, чистый доход и др. [30–33]. Экономическая оценка земли нетождественна бонитировке почв. Материалы экономической оценки земли являются составной частью земельного кадастра.

**Заключение.** Изучение особенностей современного применения важных для биосферы понятий «почва», «земля», «плодородие», «продуктивность» свидетельствует о частых случаях экологического невежества – нежелания изучать законы взаимосвязи человека и природы, а также экологического нигилизма – пренебрежительного отношения к данным законам и отказ руководствоваться ими. Безответственное использование этих понятий обуславливает серьезные производственные ошибки, имеющие опасные экологические последствия. Для предотвращения вышеотмеченного необходимо системно использовать следующие мероприятия: 1) проводить экологическое образование, насыщать учебные программы и курсы всех уровней обучения представлениями о ценностях природы и значимости ее для человека; 2) оптимизировать природную среду с помощью экологизации землепользования; 3) усиливать эколого-производственные функции почвенно-земельных ресурсов, постоянно воспроизводя плодородие почв и продуктивность земель.

#### Список источников

1. Карпачевский Л.О. Что есть истина в почвоведении? // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2008. № 62. С. 108–114.
2. Суханов П.А. Земля и почва, почва и земля – двуединый ресурс? // Агрехимический вестник. 2020. № 3. С. 3–6.
3. Чуков С.Н., Яковлев А.С. Категории почвы и земли в современном законодательстве России // Почвоведение. 2019. № 7. С. 891–898.
4. Добровольский Г.В., Зайдельман Ф.Р. О понятиях «почва» и «земля» в связи с обоснованием мелиоративных решений // Почвоведение. 2005. № 5. С. 608–609.
5. Теория систем и системный анализ: учебник / А.Г. Жихарев, О.А. Зимовец, М.Ф. Тубольцев, А.А. Кондратенко; под ред. С.И. Маторина. М.: КНОРУС, 2020. 456 с.
6. Хадарцев А.А. Об эмерджентности живых систем и идеях Уилера (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. 2019. Т. 26, № 1. С. 129–132.
7. Никитин Б.А. Плодородие почв, его виды и методы оценки. Горький, 1981. 84 с.
8. Никитин Б.А. Плодородие почвы и продуктивность растений. Горький, 1987. 88 с.
9. Шишов Л.Л., Карманов И.И., Дурманов Д.Н. Критерии и модели плодородия почв. М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 184 с.
10. Информационные региональные модели плодородия почв / Л.Л. Шишов, Д.С. Булгаков, И.И. Карманов и др. // Региональные модели плодородия почв как основа совершенствования зональных систем земледелия: науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1988. С. 5–12.
11. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л.Л. Шишов, Д.Н. Дурманов, И.И. Карманов, В.В. Ефремов. М.: ВО «Агропромиздат», 1991. 304 с.
12. Просяников Е.В. Воспитание экологического мышления и развитие экологического действия // Агрехимический вестник. 2012. № 5. С. 3–6.
13. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 240 с.
14. Макаров И.Б. Плодородие и продуктивность почв: соотношение понятий // Плодородие. 2007. № 3. С. 33–35.
15. Плодородие почв, основные понятия / А.С. Фрид, И.Е. Королёва, Д.С. Булгаков и др. // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 5–8.
16. Фрид А.С., Королёва И.Е. Ресурсы и процессы, определяющие плодородие // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 9–13.
17. Фрид А.С. Показатели плодородия // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 14–16.
18. Фрид А.С., Чуян О.Г., Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д. Оценка плодородия // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 17–34.

19. Фрид А.С., Булгаков Д.С., Карманов И.И., Шишконокова Е.А., Грибов В.В. Модели и эталоны плодородия // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 35–52.
20. Булгаков Д.С., Фрид А.С. Управление плодородием (основные понятия) // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 53–57.
21. Фрид А.С. Параметры изменений показателей плодородия пахотных почв при различных уровнях антропогенных воздействий // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 58–61.
22. Фрид А.С. Региональные нормативы создания систем сохранения и воспроизводства плодородия // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 2. Теоретические и методические основы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий: коллектив. монография. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. С. 61–62.
23. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель // Агрохимия. 2001. № 9. С. 5–12.
24. Кирюшин В.И. Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // Почвоведение. 2020. № 7. С. 871–879.
25. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты / В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев и др. 2-е изд. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2010. 416 с.
26. Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв: учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: «Высш. школа», 1974. 272 с.
27. Демолон А. Рост и развитие культурных растений: пер. с фр. / под ред. и с предисл. З.И. Журбицкого. М.: Сельхозгиз, 1961. 400 с.
28. Просянкин Е.В. Рационально-эффективное использование почвенно-земельных ресурсов // Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: коллектив. монография в 2 ч. Ч. 2. Рационально-эффективное использование / отв. ред. Е.В. Просянкин, В.Е. Ториков. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 37–60.
29. Докучаев В.В. Сочинения. Т. VI. Преобразование природы степей: Работы по исследованию почв и оценке земель, учение о зональности и классификация почв (1898-1900). М.; Л., 1951. С. 11–102.
30. Методы оценки качества земель [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ocenshiki-eksperty.ru/files/comment-files/6bfc3003015f027ffa5d5db42d037456289a504a97c899ff12791f3dad2b38b3/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%BE+%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82.pdf>, свободный – (дата обращения: 12.07.2023).
31. Зверев Л.А. Технология кадастровых работ. Новосибирск: Изд-во Сибирской государственной геодезической академии, 2008. 234 с.
32. Оценка почв и земель (основные показатели и критерии) / Л.Г. Богатырев, М.Н. Маслов, А.И. Бенедиктова, М.И. Макаров. М.: МАКС Пресс, 2017. 192 с.
33. «Справедливая» экономика землепользования / под ред. С.А. Шобы, О.А. Макарова. М.: МАКС Пресс, 2018. 196 с.
34. Развитие подотраслей садоводства, овощеводства и картофелеводства в АПК Брянской области / С.М. Сычев, С.А. Бельченко, Г.П. Малякко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 10-20.

#### **Информация об авторе:**

**Е.В. Просянкин** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, p\_e\_v\_32@mail.ru.

#### **Information about the author:**

**E.V. Prosyannikov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, p\_e\_v\_32@mail.ru.

Автор несет ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.

The author is responsible for his work, submitted data and plagiarism.

**Статья поступила в редакцию 27.07.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 28.11.2023.**

**The article was submitted 27.07.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023**

© Просянкин Е.В.

Научная статья  
УДК 631.582:631.452

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-9-17

## ИЗМЕНЕНИЕ БАЛАНСА ГУМУСА В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕГО УВЕЛИЧЕНИЮ

Василий Васильевич Мамеев, Владимир Ефимович Ториков, Ольга Александровна Нестеренко  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований по изучению баланса гумуса в полевых севооборотах интенсивного типа при возделывании полевых культур на серой лесной почве. Объектом исследования являлись севообороты опытного поля Брянского ГАУ. В основе методики расчета гумусового баланса лежит учет выноса азота урожаем основной продукции, извлекаемого культурой из органического вещества почвы, убыли его в результате минерализации и прихода за счет гумификации пожнивных остатков. Обозначена роль изучаемых культур севооборота в статьях пополнения баланса, отражена биомасса поступления их в почву. В сложившихся условиях ведения сельскохозяйственного производства баланс гумуса в пахотных почвах региона остается отрицательным, а ежегодные потери составляют более 4 ц/га. Возделывание сельскохозяйственных полевых культур по интенсивной технологии требует постоянного контроля значений балансового сальдо по данному показателю. В изучаемых полевых севооборотах наибольшая минерализация гумуса до 16 ц/га происходила при возделывании кукурузы на зерно, потери гумуса при возделывании зерновых культур составляли от 1,6 до 2,8 ц/га. Наиболее благоприятный гумусовый баланс складывается в сидеральном зерновом севообороте. Отмечено что среднегодовое поступление соломы, пожнивно-корневых остатков обеспечивает накопление гумуса от 22,6 до 30,1 ц/га.

**Ключевые слова:** баланс гумуса, севооборот, дегумификация почв, адаптивно-ландшафтное земледелие, структура посевных площадей, солома.

**Для цитирования:** Мамеев В.В., Ториков В.Е., Нестеренко О.А. Изменение баланса гумуса в полевых севооборотах и мероприятия по его увеличению // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 9-17. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-9-17>.

### Original article

## COMPARATIVE ANALYSIS OF HUMUS BALANCE IN CROP ROTATIONS LONGTERM FIELD EXPERIMENTS OF AN INTENSIVE TYPE

Vasilij V. Mameev, Vladimir E. Torikov, Olga A. Nesterenko  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** The paper presents the results of researches on the study of humus balance in intensive field crop rotations when cultivating field crops on gray forest soil. The object of the study was crop rotations of the experimental field of the Bryansk SAU. The method of calculating the humus balance is based on the calculation of nitrogen removal by the harvest of the main products extracted from the organic matter of the soil by the crop, its loss as a result of mineralization and its accumulation as a result of decomposition of plant residues. The role of the studied crops in crop rotation has been indicated in terms of balance replenishment, the biomass of their entry into the soil has been reflected. Under the current conditions of agricultural production, the humus balance in the arable soils of the region remains negative, and annual losses amount to more than 4 kg/ha. The cultivation of agricultural field crops using intensive technology requires constant monitoring of the balance sheet values for this indicator. In the studied field crop rotations, the greatest mineralization of humus up to 16 c/ha occurred when cultivating the corn for grain, the humus losses during the cultivation of grain crops ranged from 1.6 to 2.8 c/ha. The most favorable humus balance is formed in the sidental grain crop rotation. It has been noted that the average annual intake of straw, crop and root residues ensures the accumulation of humus from 22.6 to 30.1 c/ha.

**Key words:** humus balance, crop rotation, soil dehumification, adaptive and landscape farming, structure of acreage, straw.

**For citation:** Mameev V.V., Torikov V.E., Nesterenko O.A. Comparative analysis of humus balance in crop rotations longterm field experiments of an intensive type. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 9-17 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-9-17>.

**Введение** Прогрессивный рост энергонасыщенности аграрного производства с внедрением интенсивных технологий приводит к отчуждению из почвы значительного количества гумуса и элементов минерального питания. Их потери не способны быстро восполняться в процессе гумификации растительных остатков [1, 2].

О многогранной и первостепенной роли органического вещества почвы в формировании таких видов как эффективного и потенциального плодородия, его влияние запасов гумуса на рост валового производства продукции растениеводства в аграрном секторе отмечено многочисленными исследованиями на различных почвенных разностях [3, 4, 5].

Только при достижении положительного и бездефицитного баланса гумуса в почве, возможно сохранение почвенного плодородия. Гумус, благоприятно воздействуя на комплекс агрономических свойств почвы, обеспечивает повышение урожайности возделываемых культур.

Информационно-статистические данные указывают об активном процессе дегумификации почв. Так около 37,1% из обследованных 99,7 млн. га составляют слабо гумусированные почвы. Почвы с минимальным содержанием гумуса занимают более 25%, и только лишь на средне гумусированные почвы приходится около 26,2 млн. га или 26,3%. При этом доля сильно гумусированных почв составляет всего 11,4%, или 11,4 млн. га. Исследованиями установлено что ежегодные производственные невозвратимые утраты ценного органического вещества на пахотных почвах России в среднем составляют около 0,52 т/га, а по некоторым регионам от 0,25 до 0,72 т/га [6, 7].

При наличии разработанных научно обоснованных нормативов и регламентов применения органических удобрений большинство успешно работающих сельскохозяйственных предприятий имеют отрицательный баланс гумуса. Оценка баланса гумуса позволяет скорректировать очередность проведения перспективных агрохимических мероприятий, имеющих важное значение для повышения их финансово-экономического потенциала.

Экспериментальная оценка баланса гумуса для каждого севооборота позволит не только целенаправленно отрегулировать структуру посевных площадей в хозяйстве за счет рационального использования биоресурсного потенциала самих севооборота, но и поддерживать высокий уровень продуктивности пашни, за счет регулирования процессов поступления, накопления и превращения в почве всех потоков веществ органического вещества.

Увеличив внесение минеральных удобрений, использования соломы на удобрения и сидерации Брянская область в Центральном регионе РФ стала лидером по производству основных зерновых, технических и пропашных культур. Они характеризуются неодинаковыми требованиями к почвенному плодородию, а также степенью воздействия интенсивных технологий их возделывания на основные агрономические свойства почв [8, 9].

Проблема поддержания положительного и бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах региона остается одной из актуальных. За последнее десятилетие в земледелии произошло резкое уменьшение содержание гумуса в пахотном слое [1, 6, 7, 10]. Это связано с увеличением урожайности, усиленной минерализацией гумуса по внедряемым агротехнологиям интенсивного типа, сокращением поступления органических удобрений на пахотных почвах при возделывании маргинальных монокультур (картофель, кукуруза на зерно, рапс на масло-семена) в крупных агрохолдингах.

**Цель работы** – провести анализ изменения содержания гумуса в пахотных почвах Брянской области, изучить формирование баланса гумуса в севооборотах интенсивного типа в адаптивно-ландшафтном земледелии и наметить агромероприятия по его увеличению в почве.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили на учебно-опытном поле Брянского ГАУ, который является научным полигоном по изучению сортовых технологий возделывания культур в ландшафтном земледелии региона.

Объект: севообороты с основными культурами возделываемые в области:

- севооборот №1) вико-овсяная смесь (сидерат) – озимая пшеница – гречиха – ячмень яровой;

- севооборот №2) вико-овсяная смесь (сидерат) – озимая пшеница – кукуруза на зерно люпин на семена - яровая пшеница - рапс озимый.

Исследуемые объекты локализуются на серой лесной среднесуглинистой сильно пылеватой почве, сформированной на карбонатном суглинке. Мощность пахотного горизонта составляет 22-24 см, содержание гумуса 3,6-3,7% (по Тюрину),  $pH_{КС1}$  5,2-5,8, содержание (по Кирсанову) подвижных форм  $P_2O_5$  - 285-302 мг/кг почвы,  $K_2O$  - 178-194 мг/кг почвы.

В севооборотах используются внедряемые в регионе интенсивные сортовые технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Так в среднем на один гектар пашни ежегодно вносится комплексных минеральных удобрений из расчета N90P90K90. Органические удобрения, кроме соломы, в севооборотах не вносятся.

Методика расчета баланса гумуса сформирована на учете выноса основным урожаем азота, извлеченного из органического вещества почвы, утрат при минерализации и накоплении его в результате разложения растительных остатков. Баланс гумуса определяли как разность между его накоплением за счет пожнивно-корневых остатков и потерями при минерализации, учитывали поступление азота в почву за счет процессов азотофиксации.

Расчёт баланса гумуса проводили с использованием коэффициентов минерализации и гумификации растительных остатков. В гумусе содержится в среднем 5 % азота, расходование на создание урожая, например, 100 кг азота приводит к минерализации 20-кратного количества гумуса, т. е. 2 т/га. Минеральные формы азота (1-2% от общего содержания), расходуются в первую очередь на создание урожая, а «активная» часть гумуса пополняет минеральные формы азота в почве. Снижение запасов гумуса происходит за счет его минерализации и интенсификации в результате обработки почвы.

Исходным материалом служили данные по урожайности сельскохозяйственных культур, возделываемых в севооборотах.

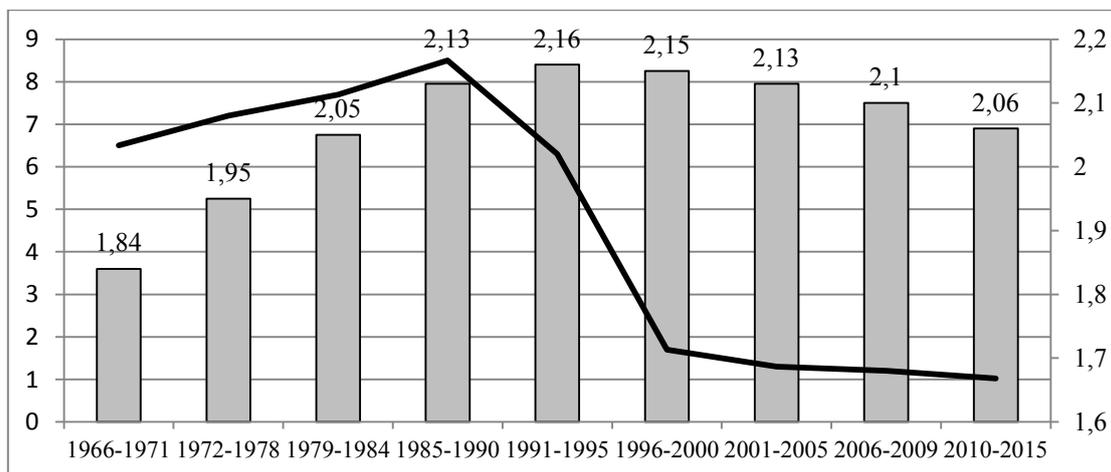
Для оценки реально существующего баланса гумуса в севооборотах и его воспроизводства положено классические методы с включением ряда уточнений в методику его расчета [11].

**Результаты и их обсуждение.** По данным результатов агрохимического мониторинга проводимых ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский» к числу острейших проблем в регионе относится дегумификация почв. В 2016 году по сравнению с 1996 годом в регионе вырос процент почв с очень низким и низким содержанием гумуса (табл. 1). Они распространены уже на 43 процентах пахотных земель. Почвы с повышенным и высоким содержанием гумуса трансформировались со средним и низким содержанием. Очень сильно увеличилась доля пахотных почв с очень низким содержанием гумуса.

Таблица 1 – Динамика распределения содержания гумуса в пахотных почвах Брянской области, % [7, 10]

Год	Содержание гумуса					Почва с низким содержанием
	Очень низкое <1,5%	Низкое 1,5-2,0%	Среднее 2,0-2,5%	Повышенное 2,5-3,0%	Высокое >03,0%	
1996	11	25	28	22	14	36
2007	12	25	26	22	15	37
2016	17	26	25	19	13	43

Средневзвешенное содержание органического вещества в почвах по результатам последнего тура агрохимического обследования составило 2,16 %, что характеризует их как среднеобеспеченные (рис. 1). Максимальное содержание гумуса в почвах было достигнуто в 1991-1996 годах, когда в период 1985 - 1990 гг. ежегодно вносили на один гектар пашни более 8 т/га органических удобрений. При внесении органических удобрений от 6 до 7 т/га обеспечивалось стабильное поддержание гумусового равновесия на одном уровне. Установлено, что при использовании 5 т/га органики содержание гумуса снижалось. Роль органических удобрений, как дешевого и доступного основного источника пополнения запасов гумуса, очень велика.



Примечание столбчатая диаграмма – содержание гумуса, %  
 график – внесено органических удобрений на пашне, т/га

Рисунок 1 - Динамика изменения содержания гумуса (%) в пахотных почвах и количество вносимых органических удобрений, т/га [7, 10]

Годовые темпы снижения содержания гумуса в почвах Брянской области составляют 0,17- 1,04 т/га (табл. 2). Отмечено что к 2016 году в регионе увеличилось количество пахотных почв в административных районах: Брасовский, Брянский, Гордеевский, Дятьковский, Жуковский, Климовский, Комаричский, Красногорский, Мглинский, Новозыбковский, Погарский, Почепский, Стародубский, Унечский, Суражский, где содержание гумуса составляло менее 1,8 % и наблюдалась деградационная гумусовая активность.

Таблица 2 – Средневзвешенное содержание гумуса и его баланс в пахотных почвах Брянской области [7, 10]

№ п/п	Район	Год			Баланс гумуса, кг/га		
		1996	2007	2016	приход	расход	±
1	Брасовский	2,48	2,48	2,29↓	211	797	-586
2	Брянский	2,91	2,91	2,78↓	313	764	-451
3	Выгоничский	1,81	1,71	↑1,99	99	1136	<b>-1037</b>
4	Гордеевский	2,05	2,05	1,89↓	220	567	-347
5	Дубровский	1,96	1,96	1,96	212	593	-381
6	Дятьковский	1,59	1,59	1,57↓	253	504	-251
7	Жирятинский	2,37	2,37	↑2,59	178	790	-612
8	Жуковский	2,15	2,15	2,10↓	300	562	-262
9	Злынковский	1,86	1,86	1,86	235	662	-427
10	Карачевский	2,91	2,91	↑3,03	219	697	-478
11	Клетнянский	1,80	1,80	1,80	150	385	-235
12	Климовский	1,84	1,84	1,65↓	222	549	-327
13	Клинцовский	1,99	1,99	1,99	350	685	-335
14	Комаричский	2,93	↑2,99	2,83↓	202	943	-741
15	Красногорский	2,16	1,91↓	1,90↓	165	456	-291
16	Мглинский	1,92	1,78↓	1,69↓	180	386	-206
17	Навлинский	1,88	1,88	↑1,91	163	710	-547
18	Новозыбковский	2,10	2,10	1,97↓	244	534	-290
19	Погарский	2,11	2,05↓	1,91↓	180	598	-418
20	Почепский	1,98	1,89↓	1,62 ↓	183	474	-291
21	Рогнединский	1,65	1,65	1,65	190	585	-395
22	Севский	2,63	2,45↓	↑ 2,56	210	844	-634
23	Стародубский	2,16	2,16	2,12 ↓	312	757	-445
24	Суземский	2,64	2,64	2,35 ↓	238	829	-591
25	Суражский	1,73	1,72↓	1,47 ↓	210	385	-175
26	Трубчевский	2,30	2,30	↑ 2,32	178	454	-276
27	Унечский	2,01	2,01	1,90 ↓	205	512	-307
По области		2,16	2,13	2,06	215	649	-434

Нехватка органического вещества отмечается на почвах сельскохозяйственных организаций региона, которые осуществляют производственную деятельность на почвах с изначально низко продуктивных по своему сложению: дерново-подзолистых супесчаных и песчаных.

Важнейшее основание отрицательного баланса гумуса и тенденция к уменьшению его содержания отсутствие практического применения всевозможных имеющихся в хозяйстве органических удобрений (сидеральных культур, солома).

Тревогу вызывает катастрофическое уменьшение в области накопления и внесения в почву органических удобрений. Они вносились на площади всего лишь 15,9 тыс. гектаров, что составляет менее чем 3,1 процента посевных площадей, а 214 хозяйств области органику вообще не вносят.

Для бездефицитного баланса гумуса ежегодно необходимо вносить в расчете на гектар посева не менее 10 тонн органических удобрений, а за последние десятилетие объем их внесения составил только 1,2 тонны, или 15 % от оптимального объема. Это указывает на необходимость компенсирования и восстановления запасов органического вещества на значительных площадях агроландшафта.

Учитывая главенствующую роль гумуса как фактора плодородия почвы и основного энергетического материала в получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур, важно в методике расчета его баланса определить нормы органических удобрения для покрытия дефицита и воспроизводства органического вещества под культурами в севообороте или его звене.

**Алгоритм расчета баланса гумуса на примере озимой пшеницы.** Около 50 - 60% азота, отчуждаемого с урожаем основной и побочной продукции, приходится на азот гумуса, коэффициент использования азота почвы растениями составляет около 70 %. Устанавливаем количество минерализовавшегося гумуса, так как доля азота в нем составляет 5 % (1/20 часть).

Озимая пшеница с урожаем 72,3 ц/га потребляет 231,4 кг/га азота, так как с 1 центнером продукции выносятся 3,2 кг (72,3 ц/га×3,20 кг = 231,4 кг/га).

На образование минерального азота из гумуса влияет технология возделывания культуры и гранулометрический состав почвы. В расчете принимаем следующие поправочные коэффициенты: на гранулометрический состав почвы средний суглинок - 1,0; на технологию возделывания культуры для зерновых и других однолетних культур сплошного сева – 1,2, для пропашных – 1,6.

$$231,4 \times 1,0 \times 1,2 = 277,7$$

Установлено, что часть азота потребляется растениями из удобрений. Она при внесении азотных удобрений более 80 кг д.в. /га составляет 50 %. Её и принимаем в доле азота гумуса в урожае озимой пшеницы – 138,8 кг/га

Коэффициенты минерализации гумуса на серых лесных почвах равны 0,8 - 1,2 %.

Минерализацию гумуса или потери рассчитываем, как умножение на коэффициент (20) перевода азота в гумус, находим, что потери гумуса равны (138,8 × 20) = 2776 кг/га или 27,8 ц/га.

Приход гумуса в почве рассчитываем, исходя из массы пожнивно-корневых остатков, соломы и коэффициентов гумификации их органического вещества.

По обобщенным результатам полевых и производственных испытаний рекомендуется использовать следующие коэффициенты пересчета зерна и семян в солому: озимые зерновые, зернобобовые культуры, кукуруза – 1,2; – яровые зерновые и гречиха – 1,0; ячмень яровой – 0,9; – рапс – 3,0.

Коэффициенты гумификации послеуборочных растительных остатков составляют: зерновые культуры (0,20), зернобобовые (0,25), сидерат (0,02), кукуруза на зерно (0,15). При урожайности озимой пшеницы 72,3 ц/га в почве останется корневых и пожнивных остатков 43,0 ц/га, а соломы 86,8 ц/га. Умножая их общую массу на коэффициент их гумификации (0,20), находим, что приход вновь образованного гумуса составит 25,96 ц/га.

Баланс гумуса в почве может быть бездефицитным, когда его приход в результате гумификации свежих растительных остатков и органических удобрений полностью уравнове-



На связанных почвах из одной тонны органических удобрений с учетом коэффициента гумификации (0,20) и содержанием 21 % органического вещества образуется в среднем 0,6 ц гумуса. Для достижения бездефицитного баланса гумуса и его роста в среднем на 1 га пашни второго севооборота необходимо вносить 25 т/га навоза под кукурузу.

Экономически подсчитано, что применение соломы в виде удобрения в четыре раза обходится дешевле чем внесения эквивалентного количества навоза. Ведь одна тонна внесенного подстилочного навоза способна обеспечить прибавку урожая зерновых только на 30-40 кг, а обоснованное применение отходов зерновой отрасли (соломы) от 100 до 150 кг зерна. Так если запахивать ежегодно от 3 до 4 тонн соломы на один гектар посевов возможно дополнительно получать до 6 центнеров зерна. Ведь с одной тонны соломы в почву возвращается около 15-16 килограммов макроэлементов и микроэлементы.

В среднем один килограмм действующего вещества азофоски марки 16:16:16 стоил 135 рублей. При заделке в почву 4 т/га соломы вносим около 64 кг азота, фосфора, калия. За счет этого можно сэкономить более 540 руб./га. Дополнительные затраты на уборку соломы с поля могут составить 150 руб./га. Общая экономия может составлять около 700 руб./га, а использование соломы на удобрение нужно рассматривать и как повышение плодородия почвы, так и снижение затрат в существующих технологиях возделывания зерновых культур.

На сроки разложения соломы влияет время её заделки, от которой зависит интенсивность, динамика и эффективность работы почвенных бактерий. Нужно стремиться к наиболее раннему осеннему внесению соломы во влажный верхний слой почвы, характеризующий благоприятной аэрацией и способствующей быстрому разложению. Однако корневые и пожнивные растительные остатки предполагают их применение, как после уборки урожая, так и следующей весной. Осеннее использование всех корне-пожнивных остатков в пахотный горизонт является наиболее эффективной, так как они к началу весеннего сева пройдут начальные стадии разложения.

Глубокая отвальная вспашка может гарантировать наиболее качественную заделку растительных остатков. А распределение по всей толщине пахотного горизонта создает оптимальные условия для обеспечения деятельности биологической активности почвы, водный и питательный режим, способствует оптимизации агрофизических свойств почвы, уничтожению проросших сорняков.

Заделка соломы ниже посевного горизонта (на глубину 20-30 см) способствуют снижению действия образующиеся токсических веществ, которые не способны наносить ущерб проросткам, а питательные вещества переходят в доступное состояние.

Весенняя заделка соломы приводит к снижению содержания доступного азота. Оставление соломы в качестве мульчи на почве с последующей заделкой оказывает меньшее положительное влияние на повышение урожайности.

Дополнительное внесение азота способствует увеличению эффективности соломы на 33 % по сравнению с заделкой ее без внесения азотных удобрений. Компенсирующий азот должен составлять 10-15 кг д.в. на одну тонну соломы. Лучшими из азотных удобрений являются аммонийные формы и мочевины. Они имеют преимущество перед нитратными по причине эффективного использования микроорганизмами и минимальной опасностью вымывания их из пахотного слоя почвы.

Солома бобовых культур содержит экстрактивные вещества, способствующие размножению клубеньковых бактерий.

Благоприятными сроками внесения азота при заделке соломы, в зависимости от гранулометрического состава почвы являются:

- *весной* – на легких почвах под предпосевную культивацию, а при достаточном увлажнении и на суглинистых почвах

- *осенью* – при возникновении засушливых условиях или на тяжелых почвах.

Предлагаем следующие варианты технологий эффективного использования соломы.

При уборки зерновых и зернобобовых культур солома механически измельчается и равномерно разбрасывается по полю. Проводится лущение стерни дисковыми боронами различ-

ными модификациями, при котором соломенная резка и стерня заделываются в верхний слой почвы. Через две недели после прохождения начальных стадий трансформации растительных остатков и прорастания семян сорняков и падалицы необходимо провести основную зяблевую вспашку плугом. Весной рекомендуется внести полное минеральное удобрение на планируемый уровень урожайности культуры под предпосевную культивацию, увеличив дозу компенсирующего азота.

Использование комбинации (солома + промежуточная культура - сидерат) является интенсивным способом увеличения эффективности разложения соломы. В качестве сидератов можно возделывать горчицу, рапс (яровой и озимый), редьку масличную. Эти культуры за очень короткий срок вегетации могут формировать около 200 ц/га зеленой биомасс. После посева сидератов обязательным приемом является прикатывание. Через 50-60 дней после посева, перед запашкой сидератов проводится прикатывание и смешивание их с верхним слоем почвы тяжелыми дисковыми боронами.

Установлено что при запашке 100 ц/га сидератов в пахотный горизонт поступает около 1000-12000 кг углерода. Это количество эквивалентно 25-30 т подстилочного навоза. При этом формируются благоприятные условия для разложения соломы. И дополнительно поступает в почву до 125 кг азота, 55 кг фосфора, 178 кг калия на 1 гектар.

В полевых севооборотах, особенно с высоким насыщением зерновыми культурами, пожнивные сидераты выполняют важную фитосанитарную роль, снижая поражение болезнями культур с близкими биологическими свойствами. Они являются средством борьбы с сорной растительностью и водной эрозией.

Применение специальных микробиологических препаратов, способных ускорению разложения растительных остатков. В ассортименте отечественных производителей представлены такие биопрепараты как: «Экстрасол», «Триходермин», «Тамир», «Трихофит», «Ресойлинг», «Байкал ЭМ», «Акрам». Их техническое назначение - обработки пожнивных остатков. Что ускоряет не только разложение соломы, но и усиливает положительного влияния на плодородие почвы и урожайность культур. Данные микробиологические препараты следует применять после уборки зерновых или зернобобовых культур в дозах, согласно техническим регламентам. Пожнивные остатки после обработки биопрепаратами заделывают в почву. Нежелательно воздействие прямых солнечных лучей на биопрепараты, поэтому обработку стерни и соломы желательно проводить в пасмурные дни или с 18 часов вечера и до 10 часов утра.

**Выводы.** В полевом севообороте наибольшая минерализация гумуса до 16 ц/га происходила при возделывании кукурузы на зерно, потери гумуса при возделывании зерновых культур составляли от 1,6 до 2,8 ц/га. Среднегодовое поступление соломы, поживно-корневых остатков обеспечивает накопление гумуса от 22,6 до 30,1 ц/га.

Для ликвидации отрицательного баланса гумуса рекомендуется после уборки злаковых культур проводить заделку соломы в почву, что обеспечивает естественное пополнение гумуса от 5 до 17 ц/га. Для повышения эффективности жизнедеятельности целлюлозоразлагающих бактерий использовать компенсирующий азот в дозе 10-15 кг д.в. на одну тонну соломы. Рекомендуется вносить аммонийные азотные удобрения и мочевину, так как они лучше используются микроорганизмами и меньше вымываются из пахотного слоя почвы.

Заделка 10 т/га зеленой массы сидеральной культуры в пахотный слой почвы эквивалентно от 25 до 30 т/га подстилочного навоза. Это обеспечивает так же поступление в почву до 125 кг азота, 55 кг фосфора и 178 кг калия на 1 гектар.

Применение микробиологических препаратов «Экстрасол», «Триходермин», «Тамир», «Трихофит», «Ресойлинг», «Байкал ЭМ», «Акрам» способствует ускоренному и эффективному разложению поживно-корневых остатков и соломы. Обработку стерни и соломы проводить с 18 часов вечера и до 10 часов утра, а также в пасмурные дни. Воздействие прямых солнечных лучей оказывает губительное воздействие на биопрепараты.

Постоянный мониторинг за изменением баланса гумуса на каждом конкретном поле севооборота дает возможность принять своевременные меры для повышения его плодородия.

**Список источников**

1. Минеев, В.Г. Овчинникова М.Ф. Деградация гумуса (особенности проявления в разных экоусловиях) // Агрохимия. 2014. № 8. С. 92-93.
2. Гринченко А.М., Муха В.Д., Чесняк Г.Я. Трансформация гумуса при сельскохозяйственном использовании почв // Вестник сельскохозяйственной науки. 1979. № 1. С. 37-40.
3. Изменение плодородия серой лесной почвы в плодосменном севообороте / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, Е.Ю. Сидорова, Д.М. Мельников // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 6-9.
4. Просянкин Е.В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 13-17.
5. Малышева Е.В., Ториков В.Е. Влияние основной обработки на почвенное плодородие и урожайность основных сельскохозяйственных культур в ЦЧЗ // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 6. С. 6-11.
6. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 340 с.
7. Чекмарев П.А., Прудников П.В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 7. С. 24-33.
8. Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие агропромышленного комплекса / С.А. Бельченко, И.Н. Белоус, В.В. Ковалев и др. // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 1. С. 6-14.
9. Современное состояние, тенденции и проблемы производства зерна в Российской Федерации / В.Е. Ториков, В.Ф. Васькин, А. В. Дронов, Т.И. Васькина // Аграрный вестник Верхневолжья. 2022. № 1 (38). С. 15-23.
10. Прудников В.П. Состояние почвенного плодородия в Брянской области // Агрохимия. 2003. № 5. С. 6-9.
11. Методические указания по составлению баланса гумуса / В.А. Ионас и др. / Белорусская сельскохозяйственная академия. Горки, 1985.
12. Развитие подотраслей садоводства, овощеводства и картофелеводства в АПК Брянской области / С.М. Сычев, С.А. Бельченко, Г.П. Малявко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 10-20.
13. Просянкин Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

**Информация об авторе:**

**В.В. Мамеев** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, [vmameev@yandex.ru](mailto:vmameev@yandex.ru).

**В.Е. Ториков** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, [torikov@bgsha.com](mailto:torikov@bgsha.com).

**О.А. Нестеренко** – аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Information about the author:**

**V.V. Mameev** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, [vmameev@yandex.ru](mailto:vmameev@yandex.ru).

**V.E. Torikov** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, [torikov@bgsha.com](mailto:torikov@bgsha.com).

**O.A. Nesterenko** - Postgraduate student of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 31.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 28.11.2023.**

**The article was submitted 31.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.**

© Мамеев В.В., Ториков В.Е., Нестеренко О.А.

Научная статья

УДК 631.82:614.73:633.2.03

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-18-22

## АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОЙМЫ РЕКИ ИПУТЬ В КАЧЕСТВЕ ПАСТБИЩА

Андрей Леонидович Силаев, Виктор Федорович Шаповалов, Евгений Владимирович Смольский  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В период с 2014 по 2021 год в условиях радиоактивного загрязнения центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области проведены исследования влияния минерального удобрения на урожайность естественного травостоя и дана оценка эффективности в зависимости от доз, соотношения элементов питания в минеральном удобрении и сроков его применения. В результате исследований установили, что минимальная урожайность 3,9 т/га первого укоса и 1,9 т/га в период второго укоса в среднем за годы исследования формируется под действием условий места произрастания и биологических особенностей естественного травостоя. Поёмный процесс обеспечивает первый укос естественного травостоя дополнительным источником влаги, что влияет на увеличение урожайности до 2,0 раз, данный положительный эффект сохраняется при применении минерального удобрения. Главным элементом системы удобрения в формировании урожая явились азотные удобрения, которые достоверно повышали урожайность в сравнении с фосфорно-калийными и калийными удобрениями. Максимальная урожайность зелёной массы естественного травостоя 27,8 и 19,0 т/га соответственно первого и второго укосов получена на варианте применения N120P60K180 за два укоса. Эффективность минерального удобрения выше в период первого укоса в сравнении со вторым укосом. Наибольшую окупаемость 91 кг/кг д.в. выявили в период первого укоса при применении N60P60K60-90, а в период второго укоса 81 кг/кг д.в. при применении N60K60.

**Ключевые слова:** пойменные луга, естественный травостой, урожайность, минеральные удобрения, окупаемость.

**Для цитирования:** Силаев А.Л., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В. Агрохимические аспекты использования центральной поймы реки Ипуть в качестве пастбища // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 18-22 <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-18-22>.

Original article

## AGROCHEMICAL ASPECTS OF USING THE CENTRAL FLOODPLAIN OF THE RIVER IPUT' AS A PASTURE

Andrey L. Silaev, Viktor F. Shapovalov, Evgeny V. Smolsky  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** The researches on the influence of mineral fertilizer on the yields of natural grass stand were carried out and an assessment of the effectiveness depending on doses, the ratio of nutrients in mineral fertilizer and the timing of its use was made in the period from 2014 to 2021 in the conditions of radioactive contamination of the central floodplain of the Iput river in the Novozybkov District of the Bryansk Region. As a result of researches, it was established that the minimum yields of 3.9 t/ha of the first hay cutting and 1.9 t/ha during the second hay cutting on average over the years of the researches is formed under the influence of the conditions of the growth place and biological characteristics of natural grass stand. The feeding process provides the first hay cutting of the natural grass stand with an additional source of moisture, which affects the increase in yields up to 2.0 times, this positive effect is preserved when using mineral fertilizer. The main element of the fertilizer system in the formation of the harvest was nitrogen fertilizers, which reliably increased the yields in comparison with phosphate-potassium and potassium fertilizers. The maximum yields of the green mass of natural grass stand of 27.8 and 19.0 t/ha, respectively, of the first and second hay cuttings was obtained in the variant of application N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180</sub> for two hay cuttings. The efficiency of the mineral fertilizer is higher during the first hay cutting in comparison to the second hay cutting. The greatest payback of 91 kg/kg of the active substance was detected during the first hay cutting while using N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60-90</sub>, and during the second hay cutting - 81 kg/kg of the active substance while using N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

**Keywords:** floodplain meadows, natural grass, yields, mineral fertilizers, payback.

**For citation:** Silaev A.L., Shapovalov V.F., Smolsky E.V. Agrochemical aspects of using the central floodplain of the river Iput as a pasture. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 18-22 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-18-22>.

**Введение.** Ведение кормопроизводства на естественных кормовых угодьях обеспечивает дешевыми зелёными кормами животноводство в течение календарного года, а также освобождает посевные площади пашни, занятые ранее кормовыми культурами, что в целом укрепляет продовольственную безопасность страны [1-3].

Основной проблемой естественных кормовых угодий является их низкая продуктивность, которую возможно повысить, применяя научно-обоснованные нормы минерального

удобрения [4, 5]. Особую актуальность применение минерального удобрения приобретает в условиях радиоактивного загрязнения территории, когда необходимо вносить повышенные нормы калийного удобрения [6-8].

В отдаленный период после аварии на ЧАЭС важнейшей проблемой остается применение оптимальных норм минерального удобрения на радиоактивно загрязненных лугах.

**Цель исследований** – изучение действия минерального удобрения, применяемого на радиоактивно загрязненном пойменном лугу на изменение урожайности зелёной массы естественного травостоя.

**Материалы и методы исследования.** В период с 2014 по 2021 год изучали действия минерального удобрения, в условиях центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области, на урожайность естественного кормового угодья.

Исследуемый участок поймы располагался на аллювиальной луговой, песчаной почве с мощностью гумусового горизонта 16-20 см. Плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  участка исследования составила 559-867 кБк/м<sup>2</sup>. Агрохимические показатели плодородия почвы исследуемой части поймы:  $C_{\text{орг}}$  – 3,1-3,3%; обменная и гидролитическая кислотность соответственно 5,2-5,6 и 2,4-2,6 ммоль на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 11,8-13,4 ммоль на 100 г почвы; подвижный фосфор и калий соответственно 106-244 и 89-120 мг/кг.

Схема опыта включала вариант без применения удобрения, который служил контролем и внесение на пойменном лугу минеральных удобрений в следующих нормах: P60K90, P60K120, N90P60K90, N90P60K120, N90P60K150, N120P60K120, N120P60K150, N120P60K180 (табл. 2).

В период с середины апреля по начало мая, в зависимости от продолжительности поёмного процесса, под первый укос ежегодно вносили полную норму фосфорного удобрения и половину азотно-калийного удобрения. В период с середины по конец июня под второй укос ежегодно вносили оставшуюся половину азотно-калийного удобрения.

Место проведения опыта загрязнено искусственными радионуклидами в результате аварии на ЧАЭС [9], поэтому изучали минеральные удобрения, в которых увеличена доза калийного удобрения в составе полного, фосфорно-калийного и азотно-калийного, так как ведущие ученые по данной проблематике отдают ведущую роль калию в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в зелёных кормах [10].

Использовали следующие виды минерального удобрения: аммиачную селитру, простой гранулированный суперфосфат и калий хлористый.

Естественный фитоценоз луга представлен различными видами трав семейства мятликовых: *Festuca pratensis* Huds., *Alopecurus pratensis* L., *Phleum pratense* L. На долю разнотравья приходилось около 10-15 % от общего состава.

Площадь опытной делянки – 60 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная.

Учет урожайности зеленой массы (первый укос – середина июня, второй – конец августа) естественного травостоя проводили путем скашивания травостоя по делянкам опыта и последующего взвешивания полученной фитомассы.

Эффективность минерального удобрения рассчитывали через окупаемость 1 кг д.в. минерального удобрения 1 кг прибавки урожая зелёной массы естественного травостоя.

Данные, полученные в ходе эксперимента, статистически обрабатывались на персональном компьютере с использованием ПО Excel 7.0 и Statistic 7.0.

Метеорологические условия вегетационного периода естественного травостоя центральной поймы реки Ипуть получены на метеорологическом посту Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции. За климатическую норму принята величина среднегодовых наблюдений за 93 года.

В период исследований с 2014 по 2021 год средняя температура воздуха за период вегетации составила 17,3 °С, что на 2,2 °С выше климатической нормы.

В период первого укоса средняя температура воздуха за период исследований была 15,5 °С, что на 3,6 °С ниже периода уборки урожая второго укоса (табл. 1).

В период исследований сумма осадков за вегетацию составила 333,5 мм, что на 34,7 мм ниже климатической нормы.

Таблица 1 – Метеорологические показатели периода вегетации, их изменчивость и климатическая норма

Показатель	Апрель	Май	Июнь	Период 1 укоса	Июль	Август	Период 2 укоса	Период вегетации
Температура воздуха, °С	9,4	16,2	20,9	15,5	21,2	20,7	19,1	17,3
Климатическая норма	4,7	13,4	17,6	11,9	19,5	19,9	19,7	15,1
Осадки, мм	22,0	65,7	55,4	143,1	90,7	57,2	147,9	333,5
Климатическая норма	37,8	54,8	70,7	163,3	81,0	69,4	150,4	368,2

Сумма осадком выпавших в период первого и второго укосов за время проведения исследований было сопоставимы (табл. 1).

**Результаты и их обсуждение.** Метеорологические условия Новозыбковского района Брянской области, плодородие почвы центральной поймы реки Ипуть, а также биологические особенности мятликовых трав формируют урожайность зелёной массы естественного травостоя в период первого укоса на уровне 3,9 т/га и 1,9 т/га в период второго укоса в среднем за годы исследования (табл. 2).

Установили, что условия в период возобновления вегетации до первого укоса формируют урожай зелёной массы трав в 2,0 раза больше чем в период второго укоса, по-видимому, это связано благоприятным действием поёмного процесса, который обеспечивает естественный травостой дополнительным источником влаги.

Минеральные удобрения, внесённые поверхностно, в различных дозах и соотношениях элементов питания, предусмотренных схемой опыта в период исследования с 2014 по 2021 год, повышали урожайность зелёной массы естественного травостоя, как первого, так и второго укоса.

Таблица 2 – Урожайность зелёной массы естественного травостоя, т/га (среднее за 2014-2021 год)

Показатель Вариант	Средняя		Стандартное отклонение		Минимальная		Максимальная	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	3,9	1,9	0,8	0,2	3,3	1,5	5,2	2,1
P60K90	11,0	3,8	1,5	0,6	9,5	2,9	14,3	4,4
P60K120	11,9	5,1	1,8	0,8	9,9	4,0	15,9	6,6
N90P60K90	15,9	8,0	1,8	1,0	12,8	6,6	18,2	9,5
N90P60K120	16,5	8,6	2,0	1,1	13,2	7,4	18,9	10,5
N90P60K150	17,2	9,3	2,2	1,4	14,4	7,8	20,6	11,9
N120P60K120	20,3	11,7	2,6	2,4	16,8	9,0	24,1	16,6
N120P60K150	21,7	12,7	2,7	2,6	18,5	10,1	26,6	18,1
N120P60K180	23,1	13,5	2,7	2,7	19,4	10,8	27,8	19,0
<i>HCP<sub>05</sub></i>	2,9	1,1	–	–	–	–	–	–

Фосфорно-калийное и калийное удобрения соответственно под первый и второй укос достоверно повышали среднюю урожайность травостоя в 3,1 и 2,7 раза в сравнении контролем. Установили тенденцию к увеличению урожайности с повышением доз фосфорно-калийного удобрения в период первого укоса и достоверное увеличение урожайности с повышением доз калийного удобрения в период второго укоса.

Полное минеральное и азотно-калийное удобрение с соотношением азота к калию как 1 к 1 соответственно под первый и второй укос достоверно повышали среднюю урожайность травостоя в 5,2 и 6,2 раза в сравнении контролем. Обнаружили достоверную разницу в повышении урожайности естественного травостоя между N45P60K45 и N60P60K60 под первый укос и N45K45 и N60K60 под второй укос.

Выявили тенденцию к повышению урожайности зелёной массы естественного травостоя первого укоса при увеличении дозы калийного удобрения в полном минеральном удобрении. Установили достоверное увеличение урожайности зелёной массы естественного травостоя второго укоса при увеличении дозы калийного удобрения в азотно-калийном удобрении.

В проведенных с 2014 по 2021 год исследованиях обнаружили, что минимальные колебания урожайности естественного травостоя в совокупности полученных данных зависели от условий произрастания и биологических особенностей трав, а наибольшие – от доз и соотношения элементов питания в минеральном удобрении.

Минимальная урожайность зелёной массы естественного травостоя 3,3 и 1,5 т/га соответственно в период первого и второго укосов получена на контроле, без применения удобрения. Максимальное значение минимальной урожайности зелёной массы естественного травостоя 19,4 и 10,8 т/га соответственно в период первого и второго укосов получено на варианте применения N120P60K180 за два укоса.

Максимальная урожайность зелёной массы естественного травостоя 27,8 и 19,0 т/га соответственно в период первого и второго укосов получена на варианте применения N120P60K180 за два укоса.

В период исследований с 2014 по 2021 год, нами выявлено, что главными элементами в формировании урожая зелёной массы естественного травостоя явились азотные удобрения, которые достоверно повышали урожай в сравнении с фосфорно-калийными и калийными удобрениями и влага, которая повышала урожай первого укоса в сравнении со вторым укосом до 2 раз.

Эффективность минерального удобрения оценивали как вклад 1 кг д.в. в формирование прибавки урожая зелёной массы естественного травостоя при различных дозах и сочетаниях элементов питания в удобрении и периода уборки.

Обнаружили, что в период от возобновления вегетации до первого укоса эффективность минерального удобрения в формировании прибавки урожая выше, чем в период второго укоса, по всем вариантам применения минерального удобрения.

Максимальную окупаемость 91 кг/кг д.в. минерального удобрения прибавкой урожая выявили в период от возобновления вегетации до первого укоса при применении N60P60K60-90, а в период второго укоса 81 кг/кг д.в. при применении N60K60 (табл. 3).

Таблица 3 – Окупаемость минерального удобрения прибавкой урожая зелёной массы естественного травостоя, (среднее за 2014-2021 год)

Вариант	Прибавка урожая, т/га		Окупаемость минерального удобрения прибавкой урожая, кг/кг д.в.	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	–	–	–	–
P60K90	7,1	1,9	67,6	42,2
P60K120	8,0	3,2	66,7	53,3
N90P60K90	12,0	6,1	80,0	67,8
N90P60K120	12,6	6,7	76,4	63,8
N90P60K150	13,3	7,4	73,9	61,7
N120P60K120	16,4	9,8	91,1	81,7
N120P60K150	17,8	10,8	91,3	80,0
N120P60K180	19,2	11,6	91,4	77,3

В период исследований с 2014 по 2021 год, нами установлено, что в период первого и второго укосов увеличение дозы калийного удобрения в полном минеральном удобрении и азотно-калийном удобрении ведет к снижению окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая, за исключением применения N60P60K60-90, где снижения не обнаружили.

**Заключение.** В среднем за 2014-2021 год, условия территории исследования, биологические особенности культур естественного травостоя формируют урожайность зелёной массы 3,9 т/га первого укоса и 1,9 т/га в период второго укоса. Поёмный процесс обеспечивает первый укос естественного травостоя дополнительным источником влаги, что влияет на увеличение формирования урожая зелёной массы трав до 2,0 раза, данный положительный эффект сохраняется при применении минерального удобрения.

Минеральные удобрения, внесённые поверхностно, в различных дозах и соотношениях элементов питания, предусмотренных схемой опыта, достоверно повышали урожайность зелёной массы естественного травостоя, как первого, так и второго укоса. Максимальная урожайность зелёной массы естественного травостоя 27,8 и 19,0 т/га соответственно первого и второго укосов получена на варианте применения N120P60K180 за два укоса. Главным элементом системы удобрения в формировании урожая явились азотные удобрения, которые достоверно повышали урожайность в сравнении с фосфорно-калийными и калийными удобрениями.

Эффективность минерального удобрения выше в период первого укоса в сравнении со вторым укосом. Наибольшую окупаемость 91 кг/кг д.в. выявили в период первого укоса при применении N60P60K60-90, а в период второго укоса 81 кг/кг д.в. при применении N60K60.

#### Список источников

1. Обеспечение устойчивого производства кормов / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. 2018. Т. 1, № 1. С. 110–111.
2. Косолапов В.М. Современное кормопроизводство – основа успешного развития АПК и продовольственной безопасности России // Земледелие. 2009. № 6. С. 3–5.
3. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС): монография / В.Г. Сычев, В.И. Лунёв, П.М. Орлов, Н.М. Белоус. М.: ВНИИА, 2016. 184 с.
4. Многолетние бобовые и злаковые травы: биология и технология возделывания: отраслевые регламенты / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, И.Я. Моисеенко, О.В. Мельникова. Брянск, 2010. 150 с.
5. Чирков Е.П., Дронов А.В., Ларетин Н.А. Система ведения кормопроизводства в условиях инновационного развития // АПК: регионы России. 2012. № 9. С. 36–42.
6. Кузнецов В.К., Исамов Н.Н., Панов А.В. Оценка эффективности реабилитации лугопастбищных угодий на различных этапах после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиация и риск. 2021. Т. 30, № 2. С. 50–61.
7. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом цезий-137 / В.Ф. Шаповалов, В.Г. Плющиков, Н.М. Белоус, А.А. Курганов // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Агрономия и животноводство. 2014. № 1. С. 13–20.
8. Алексахин Р.М., Лунёв М.И. Техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий (исследования, контроль и реабилитация территорий) // Плодородие. 2011. № 3. С. 32–35.
9. Современное распределение <sup>137</sup>Cs в почвах естественных кормовых угодий / С.Ф. Чесалин, А.Л. Силаев, Г.В. Чекин, Е.В. Смольский // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 6. С. 28–34.
10. Влияние фосфорно-калийных удобрений на урожайность и качество сена многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Г.П. Малявко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 3. С. 33–35.
11. Роль минеральных удобрений при использовании радиоактивно загрязненных пойменных лугов в качестве сенокоса / Е.В. Смольский, А.Л. Силаев, В.Е. Мамеева, К.А. Сердюкова // Вестник Курской ГСХА. 2019. № 3. С. 42–47.
12. Развитие АПК Брянской области (2018-2022 гг.) / С.М. Сычёв, С.А. Бельченко, В.Е. Ториков и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 5 (93). С. 3–10.

#### Информация об авторах:

**А.Л. Силаев** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**В.Ф. Шаповалов** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Е.В. Смольский** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sev\_84@mail.ru.

#### Information about the authors:

**A.L. Silaev** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

**V.F. Shapovalov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University

**E.V. Smol'sky** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University, sev\_84@mail.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 25.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 28.11.2023.

The article was submitted 25.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.

© Силаев А.Л., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В.

Научная статья  
УДК 581.43:633.1:632.5

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-23-29

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР: ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ТРИТИТРИГИИ И ВИДА ПЫРЕЯ *ELYRIGIA INTERMEDIA*

**Любовь Петровна Иванова, Федор Иванович Клименков, Ирина Николаевна Клименкова,  
Анастасия Дмитриевна Аленичева, Владимир Петрович Упельник**  
Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, Россия

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследований корневых систем в зависимости от фазы развития растения - всходы, кущение, полная спелость у представителей злаковых культур - озимой пшеницы Московская 39, яровой пшеницы Саратовская 29, трититригии Памяти Любимовой и вида пырея сизого *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski.) ( $2n=6x=42$ ). Схема предложенного опыта разделена на лабораторные и полевые исследования, что дает возможность в полной мере оценить полученные результаты по фазе всходов в условиях лаборатории, а непосредственно оценку результатов по измерению корневой системы по фазе кущения и полной спелости в полевых условиях. С целью получения более полных и достоверных данных, каждый этап исследований был разделен на четырехкратные повторения, из которых, в свою очередь, рассчитаны среднearифметические значения. Показано, что корневая система семейства представителей злаковых озимой и яровой форм пшеницы имеет существенные отличия от пырея и трититригии. Так, в начальные фазы развития у представителей пырея и трититригии корневая система менее развита в сравнении с озимой и яровой пшеницей, однако в ходе дальнейшего роста эта закономерность приобретает противоположный характер и уже в фазу кущения, представители озимой и яровой форм пшеницы имеют менее развитую корневую систему по сравнению с пыреем и трититригией. Установлено, что у представителей изучаемых форм пшеницы корневая система полностью отмирает к концу вегетации. У пырея и трититригии формируется мощная хорошо развитая корневая система, которая продолжает функционировать после уборки урожая. Важно отметить, что корневая система у пырея и трититригии обладает способностью к регенерации побегов и дальнейшему развитию корней, что позволяет этим видам быть более адаптивными к внешней среде, обладать многолетностью и обеспечивать более стабильные урожаи зерна и зеленой массы в условиях мало пригодных для выращивания высокоэффективных сортов пшеницы.

**Ключевые слова:** корневая система злаков, *xTrititrigia cziczinii Tsvelev*, пшеница, пырей.

**Для цитирования:** Сравнительная оценка корневых систем злаковых культур: озимой и яровой пшеницы, трититригии и вида пырея *Elytrigia intermedia* / Л.П. Иванова, Ф.И. Клименков, И.Н. Клименкова и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 23-29. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-23-29>.

### Original article

## COMPARATIVE EVALUATION OF THE ROOT SYSTEMS OF CEREAL CROPS: WINTER AND SPRING WHEAT, TRITITRIGIA AND A WHEATGRASS VARIETY *ELYRIGIA INTERMEDIA*

**Lyubov` P. Ivanova, Fedor I. Klimenkov, Irina N. Klimenkova, Anastasiya D. Alenicheva,  
Vladimir P. Upelniek**

Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** The paper presents the results of researches on root systems depending on the phase of plant development - germination, tillering, full ripeness in representatives of cereal crops - winter wheat Moskovskaya 39, spring wheat Saratovskaya 29, trititrigia Pamyat` Lyubimovoy and the gray wheatgrass variety *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski.) ( $2n=6x=42$ ). The scheme of the proposed experiment is divided into laboratory and field researches that make it possible to fully evaluate the obtained results for the germination phase in the conditions of a laboratory, and directly evaluate the results for measuring the root system in the tillering phase and full ripeness in the conditions of a field. In order to obtain more complete and reliable data, each stage of the researches was divided into fourfold repetitions, from which, in turn, average and arithmetic values were calculated. It was shown that the root system of the cereal family representatives - winter and spring forms of wheat- has significant differences from wheatgrass and trititrigia. Thus, in the initial development phases the root systems of the wheatgrass and trititrigia representatives was less developed in comparison with the winter and spring wheat, but during the further growth this regularity became opposite and already in the tillering phase, the winter and spring forms of wheat representatives had less developed root systems compared to wheatgrass and trititrigia. The root systems of the representatives of the studied wheat forms were established to die off completely by the end of the vegetation. The wheatgrass and trititrigia form a powerful, well-developed root system that continues to function after harvesting. It is important to note that the root systems of wheatgrass and trititrigia have the ability for shoot regeneration and further root development, which allows these varieties to be more adaptive to the external environment, have perenniality and provide more stable yields of grain and green mass in conditions less suitable for cultivation highly efficient wheat varieties.

**Keywords:** cereal root system, *xTrititrigia cziczinii Tsvelev*, wheat, wheatgrass.

**For citation:** Ivanova L.P., Klimentov F.I., Klimentova I.N., Alenicheva A.D., Upelnik V.P. Comparative evaluation of the root systems of cereal crops: winter and spring wheat, trititrigia and a wheatgrass variety *Elyrigia intermedia*. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 23-29 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-23-29>.

**Введение.** У злаковых культур, как и у большинства однодольных, мочковатая корневая система, которая полностью формируется уже на стадии проростка. При прорастании зародышевого корня, в рост трогаются и придаточные корни, которые отходят от зародышевого стебля. Отмирание главного корня происходит на ранних стадиях онтогенеза, у взрослого растения корневая система полностью представлена стеблеродными придаточными корнями, которые возникают в узлах зоны кущения под поверхностью почвы, а в отдельных случаях и непосредственно над ней.

В качестве объекта исследований использованы корневые системы злаков, а именно озимой и яровой пшеницы, пырея и новой сельскохозяйственной культуры трититригии, которая была получена в результате гибридизации разных видов пшеницы (*Triticum aestivum* L.,  $2n=42$ . *T.durum* Desf.,  $2n=28$ ) с разными видами пырея - *E.elongatum* (Host) Beauv. ( $2n=10x=70$ ), *E. glaucum* (Desf.) Roem, et Schult ( $2n=6x=42$ ) и *E. glael*. Эти формы были описаны Н.В. Цициным [1], как новый синтетический вид *Triticum agropyrotriticum* Cicin с двумя подвидами: *ssp. Perenne* Cicin – многолетние и *ssp.Submittans* Cicin - отрастающие пшеницы. В монографии Н.В. Цвелева «Злаки СССР» [2] - эта культура представлена, как *xTrititrigia cziczinii* Tsvelev. Трититригия, как новая синтетическая сельскохозяйственная культура, по морфобиологическим свойствам и признакам имеет существенные отличия от пшеницы и содержит в соматических клетках другой набор хромосом  $2n=56$ . Отличительной особенностью *xTrititrigia cziczinii* является интенсивное отрастание побегов возобновления [5], благодаря этому она за один вегетационный период формирует не только урожай зерна от 20 до 45 ц/га, но и дополнительно укос сена (в среднем 120 ц/га) или три укоса зеленой массы (400,0 - 600,0 ц/га). Сено по кормовым достоинствам – высококачественное. По сбору сырого протеина и белка в сене на гектар значительно превосходит озимую пшеницу Московская 39. В зерне Содержание в зерне белка колеблется от 17,0 до 19,6%. Масса 1000 семян 25-30 грамм, а у некоторых номеров до 40,0 г. Культура отзывчива на высокий агрофон.

Корни злаковых культур, не имеют способности к вторичному росту, они однородны по форме и размерам. Придаточные корни злаков имеют сравнительно слабое ветвление, преимущественно характеризующееся несколькими правильными продольными рядами. Молодые участки корней покрыты множеством тонких корневых волосков, более старые участки корневой системы характеризуются отсутствием таких волосков так, как клетки эпиблемы отпадают и отмирают. Корневые волоски массово развиваются и равномерно распределяются преимущественно на молодых участках корневой системы, их длина колеблется от 1 до 2 мм, с толщиной до 10 микрометров. К примеру, у пшеницы зафиксировано свыше 1000 корневых волосков на 1 мм длины корня [3]. Молодые корни злаков в начальные фазы развития не имеют ярко выраженной окраски, беловатые, но при дальнейшем цикле развития в результате накопления органических веществ они приобретают бурую окраску. Корни злаков почти никогда не выполняют запасующей функции. В тоже время, исходя из результатов исследований, следует отметить, что корневая система пырея и трититригии имеет существенные отличия от представителей озимой и яровой пшеницы. Она более мощно развита, не истощается и не погибает к концу вегетационного периода и главной ее особенностью является – способность к постоянной регенерации и формированию побегов возобновления.

Роль корневых систем чрезвычайно велика в жизни любого растения. Для улучшения общей работы корневой системы направлены очень многие агротехнические приемы. К ним следует отнести в первую очередь - обработку почвы, рыхление, создание оптимальной аэрации корневой системы и задержание влаги в почве, орошающие мероприятия, применение оптимальных доз удобрений для минерального питания. Практически все элементы минерального питания, поступающие в растение из почвы, обеспечиваются за счет ксилемного сока, который движется по всем частям растения. В метаболическом цикле растений корне-

вая система принимает самое непосредственное участие, включаясь в состав органических веществ, проникая в вакуоли. Часть элементов минерального питания перераспределяется из стареющих листьев в молодые и здесь реутилизируются. Часть зольных элементов возвращается в почву выделениями из корневой системы, после отмирания растения.

**Цель** – изучение формирования корневых систем в зависимости от фазы развития растения у сравниваемых видов злаков.

**Методы исследования.** Исследования выполнены в отделе отдаленной гибридизации Главного ботанического сада РАН. Данные представлены за период 2023 г. Погодные условия за данный период характеризовались удовлетворительными показателями для вегетации испытуемых культур. Климатические данные находились в пределах относительных годовых норм по сравнению со среднемноголетними данными.

Для эксперимента использованы следующие объекты - озимая пшеница сорт Московская 39, яровая пшеница сорт Саратовская 29, пырей *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski.) ( $2n=6x=42$ ) и трититригия сорт Памяти Любимовой и ее многолетняя форма №24. Анализируемые образцы оценивали по фазам развития: прорастание семян (всходы), кущение и период полного созревания к моменту их уборки на зерно.

Опыты были заложены в лабораторных и в полевых условиях.

Исследование первичной корневой системы (фаза входов) проводили в лабораторных условиях по следующей схеме: опыт заложен в четырехкратной повторности; в каждой повторности высеяны семена изучаемых культур в чашки Петри. В каждую чашку Петри на фильтровальную бумагу помещали по 5 семян каждого исследуемого объекта. Одна повторность представлена пятью чашками Петри, в которых высеяно, в общей сложности, по 25 семян. Соответственно, исходя из четырехкратной повторности для изучения корневых систем в фазу всходов все исследуемые культуры представлены семенами в количестве 100 штук. Таким образом, по каждой конкретной культуре исследованы корневые системы у 100 проростков. Подсчет проводили по хорошо развитой корневой системе у пшеницы на 10 сутки, у пырея, в силу его замедленного роста и развития в начальных фазах на 20 сутки, у трититригии, занимающей промежуточное положение между пшеницей и пыреем по календарным срокам формирования корневой системы - на 15 сутки.

Аналогичная схемы опыта заложена в полевых условиях. На делянках площадью  $1\text{ м}^2$  высевали требуемое количество семян по каждой культуре ручным способом. Каждая делянка имела необходимое количество растений для последующих исследований, а именно 100 растений по каждой изучаемой фазе развития. Из конкретного ряда ручного посева данных делянок, отбирали растения для изучения в необходимую фазу развития по календарным срокам их прохождения – фаза кущения, фаза полной спелости.

В полевых и лабораторных условиях каждое растение анализировали отдельно визуально и с помощью линейки измеряли длины корешков.

**Результаты обсуждения.** Корневая система у исследуемых культур – мочковатая. Тонкие корешки отходят непосредственно от подземных стеблевых узлов пучками (мочками). В массе корешки размещаются на глубине пахотного слоя.

Образцы яровой, озимой пшеницы, *xTrititrigia cziczinii* и пырея прорастают несколькими первичными или зародышевыми корешками, которые берут начало в зародыше семени. Причем образцы озимой и яровой пшеницы имеют в начале три корешка, но через некоторое время появляются ещё одна пара и в результате образовывается пять первичных корешков, трититригия имеет – три, пырей – два корешка (рис. 1).

Таблица 1 – Длина главного корешка в фазу всходов

№ п/п	Сельскохозяйственная культура	Длина корневой системы по повторностям, см*				Среднее значение по повторениям
		I	II	III	IV	
1	Озимая пшеница	2,0	3,3	3,0	3,5	2,95
2	Яровая пшеница	1,9	2,0	2,5	2,0	2,1
3	Пырей	0,9	1,1	1,3	1,1	1,1
4	Трититригия	5,4	5,3	4,9	5,6	5,3

**Примечание:** \* указано среднearифметическое значение по результатам измерений 25 растений.



Рисунок 1 – Корневая система пырея *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski.), озимой пшеницы «Московская 39», яровой пшеницы «Саратовская 29», трититригия «Памяти Любимовой» - фаза всходов

Первый корешок (главный) Главный по форме более толстый, тогда как, боковые пары – тоньше. Если у озимой пшеницы и трититригии длина корешков примерно одинаковая, то у яровой пшеницы и пырея эти корешки намного длиннее. Зародышевые корни продолжают функционировать на протяжении всей жизни растений. Их роль значительно возрастает в засушливых условиях. Общеизвестно, что неблагоприятные почвенно - климатические условия, оказывают существенное влияние на развитие придаточных корешков. В таких условиях зародышевые корешки остаются единственной корневой системой, как главного побега и побегов кушения. Одновременно с появлением главного зародышевого корня, в верхней части зерновки выходит главный зародышевый стебель, который закрыт колеоптилем. Через зародышевые корешки осуществляется поступление в семя питательные вещества и воды, одновременно начинается рост зародышевого стебля, на котором формируются поочередно - первый, второй, третий и четвертый листья. Одновременно зародышевый стебель удлиняется. При появлении четвертого листа на главном стебле у основания первого листа на глубине 2,5 – 4,0 см от поверхности почвы начинают развитие побеги узла кушения с зачатками придаточных корней (рис. 2).



Рисунок 2 – Корневая система пырея *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski.), озимой пшеницы «Московская 39», яровой пшеницы «Саратовская 29», трититригия отрастающая «Памяти Любимовой» и многолетняя № 24 - фаза кушения

Во многих научных работах установлен факт того, что после фазы всходов в течение двух недель начинается массовый рост и развитие придаточных корней. Многое зависит от погодных условий. В нашем опыте кушение озимой и яровой пшеницы наступало через 20 дней, трититригии через 25-28 дней, а пырея через месяц (табл.2).

Таблица 2 – Длина корневой системы в фазу кущения

№ п/п	Сельскохозяйственная культура	Длина корневой системы по повторностям, см				Среднее значение по повторениям
		I	II	III	IV	
1	Озимая пшеница	13,9	12,8	14,5	14,1	13,8
2	Яровая пшеница	11,9	11,5	11,6	12,2	11,8
3	Пырей	15,9	15,3	14,9	15,6	15,4
4	Трититригия	18,8	20,0	19,4	19,7	19,5

**Примечание:** \* указано среднеарифметическое значение по результатам измерений 25 растений

При визуальном сравнении корневых систем в момент начала кущения наблюдали, что *xTrititrigia cziczinii* в сравнении с озимой, яровой пшеницей и пыреем обладала более мощной корневой системой и быстрее развивала вторичные корни. Мощная корневая система с хорошо развитой системой вторичных корней позволяет растениям переносить сложные условия зимы и выдерживать засуху [4]. Корни извлекают питательные вещества и воду из почвы многочисленными волосками, поверхность которых очень велика. До фазы выхода в трубку, рост и развитие придаточных корней замедленный. Однако после прохождения этой фазы и до фазы колошения рост и развитие корней у позднеспелых сортов происходит ежедневно, формируя при этом до 90% общей массы корней, тогда как у раннеспелых сортов эта величина не поднимается выше 60-70 %. Необходимо отметить, что всасывание питательных веществ, происходит только теми участками корневой системы, которые имеют корневые волоски, а, следовательно, участие в поглощении воды и питательных веществ не вся корневая система, а только эти участки. У озимых и яровых сортов пшеницы корни растут до молочко-восковой спелости зерна, тогда как у трититригии корневая система продолжает функционировать и после уборки.

Рост, развитие, а соответственно и распространение корневой системы в почвенном горизонте зависит от многих факторов, но прежде всего, существенное влияние оказывает его механический состав, плотность, степень увлажнения, возделываемый сорт. У новой сельскохозяйственной культуры – трититригия, корни продолжают функционировать и после уборки урожая. Эта особенность передалась от пырея.

На рисунке 3 показано, что после уборки у озимой и яровой пшеницы корневая система не функционирует, корни находятся в фазе полного отмирания. В то время как у трититригии она жизнеспособна и формирует новые побеги. Как видно из рисунка 3 у пырея корневая система очевидно мощнее, чем у пшеницы и трититригии (табл. 3). Можно предположить, что такая развитость корневой системы связана с признаком многолетности у пырея. Соответственно, у многолетнего подвида Трититригии *xTrititrigia cziczinii* ssp. *Perenne* корневая система мощнее, чем у однолетнего подвида ssp. *submitans* (рис. 3).

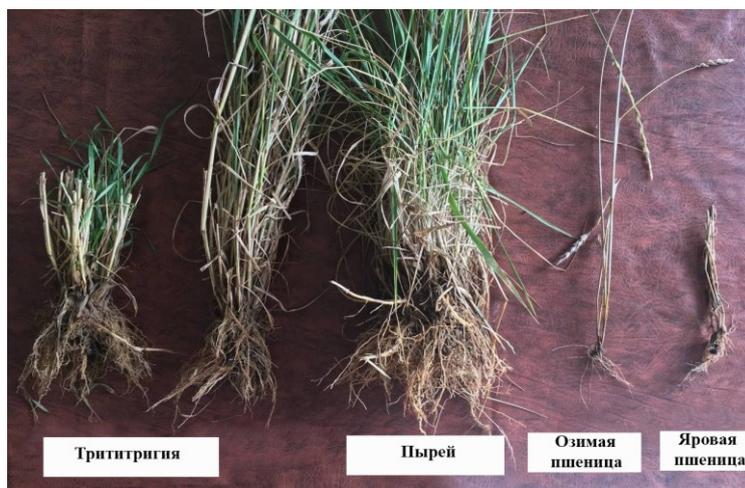


Рисунок 3 – Корневая система трититригия – многолетняя форма № 24(слева) и отрастающая форма сорт «Памяти Любимовой» (справа), пырея *Elytrigia intermedia* (Host) Nevski.), озимой пшеницы «Московская 39», яровой пшеницы «Саратовская 29- фаза полной спелости (уборка)

Таблица 3 – Длина корневой системы в фазу полной спелости

№ п/п	Сельскохозяйственная культура	Длина корневой системы по повторностям, см				Среднее значение по повторениям
		I	II	III	IV	
1	Озимая пшеница	Корневая система нежизнеспособная, наблюдались единичные сухие отростки от главного корня				
2	Яровая пшеница					
3	Пырей	29,8	27,9	30,1	29,4	29,3
4	Трититригия	23,9	24,0	24,5	23,4	23,9

**Примечание:** \* указано среднеарифметическое значение по результатам измерений 25 растений

**Закключение.** В работе изучено развитие и формирование корневых систем сортов пшеницы, новой сельскохозяйственной культуры трититригии и пырея исходя из соответствующей фазы развития растения. Показано, что на первой фазе проростков максимальная длина корешков, более пяти сантиметров выявлена у трититригии, при этом по количеству корешков (3 шт.) она занимает промежуточное положение между числом корешков у пырея (2 шт.) и озимой и яровой пшеницы (5 шт.). В фазе кушения максимальная длина корневой системы обнаружена у трититригии, в среднем более 19 см, у пырея более 15 см и, наконец, у озимой и яровой пшеницы более 13 и 11 см, соответственно. Полученные данные показывают, что к моменту кушения у трититригии корневая система в целом развивается активнее, по сравнению с родительскими видами, а именно пшеницы и пырея. И наконец, в фазу полной спелости корневые системы исследуемых растений имели существенные различия. Главным критерием этих различий стал признак жизнеспособности корневой системы. Так у яровой и озимой пшеницы в фазу полной спелости выявлено традиционное фактическое отмирание корневой системы, что не позволяет растению развиваться дальше после периода репродуктивной фазы. Тогда, как у пырея и трититригии в этот период в корневых системах идут активные процессы жизнедеятельности. При этом в данной фазе максимально развитой оказалась корневая система пырея. Необходимо отметить, что у трититригии, у многолетнего подвида, корневая система была более развита, чем у однолетнего подвида, что фактически приближает ее к корневой системе многолетнего пырея. Таким, образом, показано, что главной особенностью пырея и трититригии является способность к регенерации, как корневой системы, так и побегов возобновления, что в принципе позволяет использовать, в частности трититригию, как многолетнюю культуру (2 - 3 года на одном территориальном месте возделывания). Значительно более мощная и жизнеспособная корневая система трититригии по сравнению с традиционной пшеницей, позволяет растению после, репродуктивной фазы начать активно формировать побеги возобновления и, тем самым начать новый жизненный цикл растения. В практическом аспекте это означает получение зеленой массы в качестве дополнительного урожая после уборки на зерно. При этом ограничением в получении новых урожаев не только зеленой массы, но и зерна являются только климатические факторы, так как в экспериментальных условиях защищенного грунта можно получить не менее шести поколений, завершающихся репродуктивной фазой, то есть получением зерна и до восьми поколений, завершающихся получением только зеленой массы.

#### Список источников

1. Цицин Н.В. Многолетняя пшеница. М.: Наука, 1976. С. 142-168.
2. Цвелев Н.Н. Злаки СССР. Л.: Наука, 1976. С. 351-382.
3. Рожевиц Р.Ю. Злаки: введение и изучение кормовых и хлебных злаков: монография / Ботанический институт Академии наук СССР. М.; Л.: Сельхозгиз, 1937. С. 616-636.
4. Жуковский П.М. Зерновые культуры. М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1954. С. 24-25.
5. Белов В.И., Иванова Л.П., Упелник В.П. Биоразнообразие ботанических разновидностей гибридов пшеницы x пырей (2=56) // Ботанические сады в современном мире: теоретические и практические исследования: материалы науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 80-летию со дня рождения Л.Н. Андреева, 2011. С. 50-54.
6. Просянкин Е.В., Малякко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрехимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.
7. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России: коллектив. монография / Н.М. Белоус, Г.П. Малякко, В.В. Мамеев и др. В 2 ч. Ч. 1. Современное состояние. Брянск, 2020.

**Работа выполнена в рамках ГЗ ГБС РАН (№ 122042500074-5)**

**Информация об авторах:**

**Л.П.Иванова** - научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН).

**Ф.И.Клименков** - кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН).

**И.Н.Клименкова** - научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН).

**А.Д. Аленичева** - младший научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН).

**В.П.Упельник** - кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела отдаленной гибридизации, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН).

**Information about the authors:**

**L.P. Ivanova** - Research Associate of the Remote Hybridization Department, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

**F.I.Klimenkov** - Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Remote Hybridization, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

**I.N.Klimenkova** - Researcher, Department of Remote Hybridization, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

**A.D.Alenicheva** - Junior Researcher, Remote Hybridization Department, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

**V.P. Upelmiek** - Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Remote Hybridization Department, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 14.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023; принята к публикации 28.11.2023**

**The article was submitted 14.11.2023.; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.**

© Иванова Л.П., Клименков Ф.И., Клименкова И.Н., Аленичева А.Д., Упельник В.П.

Научная статья  
УДК 633.16:631.86

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-30-35

## АДАПТИВНОСТЬ, ПЛАСТИЧНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ «УРОЖАЙНОСТЬ» В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЯЕМЫХ БИОПРЕПАРАТОВ

Ольга Владимировна Мельникова, Ирина Алексеевна Сальникова,  
Владимир Ефимович Ториков, Дмитрий Михайлович Мельников  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В статье приводятся результаты полевых исследований по влиянию биопрепаратов Геотон, Гумистим, Биоагро-PP, Биоагрогум на урожайность зерна, адаптивность, пластичность и стабильность сортов ярового ячменя по показателю «урожайность» в зависимости от применяемых биопрепаратов. Оценку адаптивности, пластичности и стабильности сортов ярового ячменя в зависимости от вносимых биопрепаратов по показателю «урожайность» проводили методом полевого эксперимента, заложенного на опытном поле Брянского ГАУ. Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая с содержанием гумуса 3,4 %,  $P_2O_5$  – 28,3 мг/кг почвы,  $K_2O$  -17,6 мг/кг почвы,  $pH_{KCl}$  -5,8. Среднесортная реакция вида *Hordeum sativum* по показателю «урожайность» в опыте составила 5,71 т/га зерна. В пределах «видовой нормы» была сформирована урожайность зерна на контрольных делянках (без применения биопрепаратов), использование биопрепаратов на посевах ячменя обеспечило достоверные прибавки урожайности зерна по сортам на 0,96-1,49 т/га. Наибольшую среднюю урожайность зерна в опыте 6,39 т/га и 6,32 т/га обеспечил сорт Яромир при внесении препаратов Биоагро-PP и Биоагрогум-В. Отмечено увеличение коэффициента адаптивности у сорта Раушан до  $K_a=1,04$  при применении в технологии возделывания препаратов Гумистим и Биоагро-PP; у сорта Владимир  $K_a=1,03-1,07$  – при внесении Гумистима, Биоагро-PP и Биоагрогум-В; у сорта Яромир  $K_a=1,05-1,12$  – при применении препаратов Биоагро-PP, Биоагрогум-В и Геотон. Все изучаемые сорта ярового ячменя Раушан, Владимир и Яромир отличались достаточно высокой стабильностью по показателю «урожайность». При возделывании менее пластичных сортов ярового ячменя Владимир и Яромир применение двух внескорневых подкормок биопрепаратами Биоагро-PP (1,0 л/га), Биоагрогум-В (1,0 л/га), и Гумистим (4,0 л/га) усиливало экологическую пластичность (реакцию сорта) к изменяющимся условиям среды, увеличивая при этом урожайность зерна до 5,91-6,10 т/га (Владимир) и до 6,32-6,39 т/га (Яромир).

**Ключевые слова:** адаптивность, пластичность, стабильность, яровой ячмень, урожайность зерна, биопрепараты.

**Для цитирования:** Адаптивность, пластичность и стабильность сортов ярового ячменя по показателю «урожайность» в зависимости от применяемых биопрепаратов / О.В. Мельникова, И.А. Сальникова, В.Е. Ториков, Д.М. Мельников // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 30-35. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-30-35>.

### Original article

## ADAPTABILITY, PLASTICITY AND STABILITY OF SPRING BARLEY VARIETIES IN TERMS OF "YIELDS", DEPENDING ON THE BIOLOGICAL PRODUCTS USED

Ol'ga V. Mel'nikova, Irina A. Sal'nikova, Vladimir E. Torikov, Dmitriy M. Mel'nikov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** The article presents the results of field studies on the effect of bio-preparations Geoton, Humistim, Bioagro-PP, Bioagrogum on grain yield, adaptability, plasticity and stability of spring barley varieties in terms of "yield" depending on the applied biologics. The assessment of adaptability, plasticity and stability of spring barley varieties, depending on the introduced biological products according to the indicator "yield", was carried out by the method of a field experiment laid down in the experimental field of the Bryansk State Agricultural University. The soil of the experimental site is medium-loamy gray forest with a humus content of 3.4%,  $P_2O_5$  - 28.3 mg/kg of soil,  $K_2O$  -17.6 mg/kg of soil,  $pH_{CL}$  -5.8. The average port reaction of the species *Hordeum sativum* according to the indicator "yield" in the experiment was 5.71 t/ha of grain. Within the limits of the "species norm", grain yield was formed on control plots (without the use of biological products), the use of biological products on barley crops provided reliable increases in grain yield by varieties by 0.96-1.49 t/ha. The highest average grain yield in the experiment of 6.39 t/ha and 6.32 t/ha was provided by the Yaromir variety when applying Bioagro-PP and Bioagrogum-B. An increase in the coefficient of adaptability was noted in the Raushan variety to  $K_a= 1.04$  when using Humistim and Bioagro-PP preparations in cultivation technology; in the Vladimir  $K_a=1.03-1.07$  – when applying Humistim, Bioagro-PP and Bioagrogum-B; in the Yaromir  $K_a=1.05-1.12$  – when using Bioagro-PP preparations, Bioagrogum-B and Geotone. All the studied varieties of spring barley Raushan, Vladimir and Yaromir were distinguished by a fairly high stability in terms of "yield". When cultivating less plastic varieties of spring barley Vladimir and Yaromir, the use of two foliar top dressing with Bioagro-PP (1.0 l/ha), Bioagrogum-B (1.0 l/ha), and Humistim (4.0 l/ha) enhanced ecological plasticity (the reaction of the variety) to changing environmental conditions, while increasing grain yield up to 5.91-6.10 t/ha (Vladimir) and up to 6.32-6.39 t/ha (Yaromir).

**Keywords:** adaptability, plasticity, stability, spring barley, grain yield, biological products.

**For citation:** Mel'nikova O.V., Sal'nikova I.A., Torikov V.E., Mel'nikov D.M. Adaptability, plasticity and stability of spring barley varieties in terms of "yields", depending on the biological products used. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 30-35 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-30-35>.

**Введение.** Яровой ячмень имеет большое значение как ценная зернофуражная культура, его зерно также используется для производства различных видов круп, которые по сво-

им пищевым достоинствам не уступают пшеничной, рисовой и гречневой. В настоящее время селекция ярового ячменя направлена на выведение адаптивных сортов, способных формировать стабильную урожайность даже в условиях усиления засушливости климата [1]. Благодаря своим биологическим особенностям, ячмень характеризуется коротким вегетационным периодом, что обуславливает широкое распространение культуры до самых северных границ земледелия. Современные агроклиматические условия окружающей среды Европейского Севера РФ за последние годы определяются постоянными колебаниями биотических и абиотических факторов, что требует от сортов для сельскохозяйственного производства высокого уровня пластичности и стабильности урожайности и количественных признаков. В каждом регионе необходимо подбирать такие сорта, которые соответствовали бы его климатическим условиям. Адаптивная способность сорта - важнейшее свойство, которое определяет наибольшее соответствие между генотипом и условиями окружающей среды [2-4].

При совершенствовании технологий возделывания ярового ячменя особое внимание уделяется подбору наиболее продуктивных, пластичных к условиям возделывания и стабильных по урожайности сортов. Использование биопрепаратов в технологиях возделывания ярового ячменя способствует повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды, повышению урожайности и улучшению качества зерна. В то время как многими исследователями установлено, что «наиболее высокие показатели качества продукции и урожайности были получены при совместном применении минеральных удобрений и биопрепаратов» [5, 6].

Поэтому достаточно актуальным является изучение вопроса изменения адаптивности, пластичности и стабильности сортов ярового ячменя по показателю «урожайность» в зависимости от применяемых биопрепаратов в технологиях возделывания.

Для оценки адаптивного потенциала возделываемых сортов по варьированию их урожайности используют показатель «среднесортная урожайность года». Критерием для сравнения берется общая «видовая адаптивная реакция» культуры на конкретные условия вегетации, реализованная в величине средней для сравниваемых сортов урожайности. Общую видовую реакцию определяют как среднесортную урожайность в разные годы возделывания. Полученная величина является показателем «нормы реакции вида» определенной совокупности сортов на факторы внешней среды (условия возделывания) в каждом конкретном году. Реакцию каждого сорта на различные условия в технологиях возделывания можно определить при сравнении его урожайности со среднесортной урожайностью, которая является «видовой адаптивной реакцией», ее принимают за 100%. Отклонение от этого показателя в большую сторону (свыше 100%) говорит о высокой адаптивности сорта в конкретных условиях возделывания. Для оценки сравниваемых сортов необходимым условием является одинаковый срок посева семян. Для получения объективной и полноценной информации об адаптивности и продуктивности отдельных сортов необходимо иметь данные по урожайности не менее, чем за 3 года, желательно контрастных по урожайности [7].

Поэтому целью наших исследований явилось - изучение влияния органно-минеральных биопрепаратов, применяемых в технологиях возделывания сортов ярового ячменя на показатели адаптивности, пластичности и стабильности, оцениваемые по показателю «урожайность».

**Материалы и методика.** Оценка адаптивности, пластичности и стабильности сортов ярового ячменя в зависимости от вносимых биопрепаратов по показателю «урожайность» проводили методом полевого эксперимента, заложенного на опытном поле Брянского ГАУ. Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая с содержанием гумуса 3,4 %,  $P_2O_5$  – 28,3 мг/кг почвы,  $K_2O$  -17,6 мг/кг почвы,  $pH_{KCl}$  -5,8. Объект исследований - ячмень яровой (*Hordeum sativum* L.) сорта Раушан, Владимир, Яромир. Высевали откалиброванные и протравленные семена ячменя сеялкой СН-16 рядовым способом с нормой высева - 5,0 млн. всх. семян/га, глубина заделки семян – 4 см. Предшественник ярового ячменя в опыте – рапс яровой.

Фон минерального питания N120P120K120 (азофоска 16:16:16) и система защиты растений в опыте были одинаковые на всех вариантах для соблюдения принципа единообразия. Средства защиты растений в опыте: протравитель семян Оплот Трио, ВСК + Табу, ВСК (0,6 + 0,6 л/т); фаза кущения – фунгицид Азорро, КС (1,0 л/га) + инсектицид Карачар, КЭ (0,15 л/га), фаза кущения - гербицид Овсюген Супер, КЭ (0,4 л/га), конец кущения - фунгицид ТитулДуо, ККР (0,3 л/га) + инсектицид Эсперо, КС (0,1 л/га), ретардант ХЭФК, ВР (0,5 л/га).

Схема опыта включала 5 вариантов с биопрепаратами: 1. Геотон 1 л/га, 2. Гумистим 4

л/га, 3. Биоагро-РР 1 л/га, 4. Биоагрогум-В 1 л/га, 5. Контроль – без обработки. Внекорневые подкормки биопрепаратами проводили дважды: в фазу кущения и фазу выхода в трубку (расход воды 300 л/га). Размещение делянок в опыте систематическое, повторность 3-х кратная, общая площадь делянки - 200 м<sup>2</sup>, учетная - 125 м<sup>2</sup>.

Уборку урожая осуществляли в фазу полной спелости зерновки поделочно прямым комбайнированием «Теггion - 2010». Полевые исследования проводили по общепринятой методике полевого опыта по Б.А. Доспехову [8].

Адаптивность сортов ячменя определяли по методике Л.А. Животкова, З.А. Морозовой и Л.И. Секатуевой [7]. Пластичность и стабильность сортов оценивали по методу С.А. Эберхарта, В.А. Рассела [9]. Этот метод основан на вычислении коэффициентов линейной регрессии урожайности сортов при грациях экологических условий, представленных средним урожаем всех изучаемых сортов. Коэффициент регрессии (пластичность сорта) показывает на сколько единиц изменится урожайность сорта при изменении индекса условий среды на единицу.

**Результаты исследований.** Погодно-климатические условия в годы проведения опыта были типичными для региона, но различались между собой, что обусловило формирование различной урожайности зерна сортов ячменя. Среднесуточная температура воздуха апреля в 2020 году была выше, в сравнении с 2021 и 2022 годами, и составила соответственно +15,10 °С и +11,90 °С. Сумма месячных осадков в апреле месяце составила 50,3 мм, что выше среднегодовой нормы на 11,5 мм. Среднесуточная температура воздуха мая оказалась выше в 2021 году на +2,1 °С, при этом наиболее теплыми были вторая и третья декады. Наилучшие условия по тепло- и влагообеспеченности наблюдались в 2020 году, которые позволили яровому ячменю оптимально пройти в интенсивную фазу накопления вегетативной массы и начало цветения-колошения.

Условия 2021 и 2022 гг. были недостаточно благоприятными из-за избыточных осадков в начальный период роста и развития ярового ячменя. Май характеризовался пасмурной погодой и обильными дождями, количество выпавших осадков составило свыше 174,3 мм, далее наступил засушливый июнь. Эти погодные условия по-разному сказались на урожайности зерна ячменя.

Наибольшей продуктивностью сортов ячменя характеризовался 2020 год, среднесортная урожайность составила 8,24 т/га, в то время как в менее благоприятных условиях 2021 и 2022 гг этот показатель не превышал 4,52 и 4,38 т/га соответственно (табл. 1).

Таблица 1 – Адаптивность сортов ярового ячменя по показателю «урожайность» в зависимости от применяемых биопрепаратов

Вариант		Урожайность зерна, т/га				Относительно среднесортной, %				Коэфф. адаптивности, K <sub>a</sub>
фактор А-сорт	фактор В-препарат	2020 г.	2021 г.	2022 г.	средн	2020 г.	2021 г.	2022 г.	средн	
Раушан	1. Геотон	8,61	4,05	4,38	5,68	104,5	89,6	100,0	99,5	0,99
	2. Гумистим	9,32	4,16	4,40	5,96	113,1	92,0	100,5	104,4	1,04
	3. Биоагро-РР	8,99	4,31	4,46	5,92	109,1	95,4	101,8	103,7	1,04
	4. Биоагрогум-В	8,47	4,11	4,34	5,64	102,8	90,9	99,1	98,8	0,99
	5. Контроль	7,73	3,45	3,46	4,88	93,8	76,3	79,0	85,5	0,86
Владимир	1. Геотон	7,15	4,80	4,79	5,58	86,8	106,2	109,4	97,7	0,98
	2. Гумистим	8,75	4,77	4,21	5,91	106,2	105,5	96,1	103,5	1,03
	3. Биоагро-РР	8,78	4,86	4,54	6,06	106,6	107,5	103,7	106,1	1,06
	4. Биоагрогум-В	9,55	4,48	4,27	6,10	115,9	99,1	97,5	106,8	1,07
	5. Контроль	7,02	4,35	4,05	5,14	85,2	96,2	92,5	90,0	0,90
Яромир	1. Геотон	7,04	5,68	5,28	6,00	85,4	125,7	120,5	105,1	1,05
	2. Гумистим	7,26	4,32	4,12	5,23	88,1	95,6	94,1	91,6	0,92
	3. Биоагро-РР	9,69	5,01	4,47	6,39	117,6	110,8	102,1	111,9	1,12
	4. Биоагрогум-В	8,87	5,19	4,90	6,32	107,6	114,8	111,9	110,7	1,11
	5. Контроль	6,31	4,28	4,10	4,90	76,6	94,7	93,6	85,8	0,86
НСР <sub>05</sub> (факт.А)		0,14	0,25	0,15	-					
НСР <sub>05</sub> (факт.В, АВ)		0,18	0,33	0,20	-					
Σx <sub>ij</sub>		123,54	67,82	65,77	85,71					
x̄ <sub>j</sub> (среднесортной)		8,24	4,52	4,38	5,71	100%	100%	100%		
I <sub>j</sub> (инд.услов.года)		2,52	-1,19	-1,33	-					

В среднем за годы исследований «среднесортная реакция вида» по показателю урожайность составила 5,71 т/га зерна. В пределах видовой нормы была сформирована урожайность зерна на контрольных делянках (без применения биопрепаратов) на фоне N120P120K120 – у сорта Владимир – 5,14 т/га, Яромир – 4,90 и Раушан – 4,88 т/га. В то время как использование биопрепаратов в опыте обеспечило достоверные прибавки урожайности зерна по сортам на 0,96-1,49 т/га.

На вариантах с внесением препаратов Биоагро-РР и Биоагрогум-В сорт Яромир обеспечил наибольшую среднюю урожайность зерна в опыте 6,39 т/га и 6,32 т/га. Применение этих биопрепаратов также обеспечило наибольшую урожайность зерна ячменя у сорта Владимир – 6,06 и 6,10 т/га соответственно. В то время как сорт Раушан наибольшую урожайность - 5,96 и 5,92 т/га сформировал на варианте с Гумистимом и Биоагро-РР.

Рассчитанные коэффициенты адаптивности практически на всех вариантах с применением биопрепаратов превышали единицу, что говорит о том, что отзывчивость сорта на конкретный биопрепарат выше «нормы реакции вида». В связи с этим можно отметить увеличение коэффициента адаптивности у сорта Раушан до  $K_a=1,04$  при применении в технологии возделывания препаратов Гумистим и Биоагро-РР; сорта Владимир  $K_a=1,03-1,07$  – при внесении Гумистима, Биоагро-РР и Биоагрогум-В; у сорта Яромир  $K_a=1,05-1,12$  – при применении препаратов Биоагро-РР, Биоагрогум-В и Геотон. Препарат Биоагро-РР проявлял свои адаптационные функции на всех изучаемых сортах.

Все изучаемые сорта ярового ячменя Раушан, Владимир и Яромир отличались достаточно высокой стабильностью по показателю «урожайность» (табл. 2). Согласно принципам математической статистики, чем меньше квадратичное отклонение (дисперсия  $S^2_i$ ) фактических показателей урожайности сортов от теоретически ожидаемых, тем стабильнее сорт.

Показатели сортовой стабильности по показателю урожайности зерна не имели существенных колебаний в зависимости от применяемых биопрепаратов и составили для сорта Раушан  $S^2_i=1,37-1,59$ , Владимир  $S^2_i=1,33-1,58$  и сорта Яромир  $S^2_i=1,10-1,82$ . Эти показатели говорят о невысоких отклонениях по вариантам опыта полученных урожаев от теоретически возможных, то есть изучаемые сорта достаточно стабильные по продуктивности. На контрольных делянках показатели коэффициентов стабильности были на уровне единицы ( $S^2_i=1,05-1,06$ ) и также соответствовали теоретически возможному урожаю.

Таблица 2 – Пластичность и стабильность урожайности сортов ярового ячменя в зависимости от применяемых биопрепаратов

Вариант		Средняя урожайность за 3 года	Коэффициент пластичности, $bi$ (регрессия)	Коэффициент стабильности, $S^2_i$ (дисперсия)
фактор А-сорт	фактор В-препарат			
Раушан	1. Геотон	5,68	1,16	1,42
	2. Гумистим	5,96	1,33	1,59
	3. Биоагро-РР	5,92	1,22	1,50
	4. Биоагрогум-В	5,64	1,12	1,37
	5. Контроль	4,88	1,13	1,06
Владимир	1. Геотон	5,58	0,62	1,44
	2. Гумистим	5,91	1,13	1,33
	3. Биоагро-РР	6,06	1,08	1,44
	4. Биоагрогум-В	6,10	1,37	1,58
	5. Контроль	5,14	0,75	1,05
Яромир	1. Геотон	6,00	0,42	1,82
	2. Гумистим	5,23	0,80	1,10
	3. Биоагро-РР	6,39	1,31	1,60
	4. Биоагрогум-В	6,32	1,01	1,58
	5. Контроль	4,90	0,56	1,05

Коэффициенты регрессии (пластичность) позволяют характеризовать отзывчивость сортов на факторы среды, что дает возможность предвидеть «поведение» сорта в производственных условиях. Например, сорта с низкой экологической пластичностью (при  $bi$  значительно ниже 1) слабо отзываются урожайностью на условия интенсификации при их возделывании, но и при

неблагоприятных условиях среды резко не снижают урожайность, по сравнению с сортами интенсивного типа. Сорта с показателем  $bi$  значительно выше 1 являются сортами интенсивного типа, которые способны реагировать на факторы интенсификации резким скачком продуктивности, но и на низком агрофоне у них также резко снижается урожайность. К наиболее оптимальной группе относят сорта с показателем  $bi$  равном или близком к 1, это сорта с высокой экологической пластичностью. Изменение показателей урожайности этих сортов соответствуют изменению условий возделывания (без резких колебаний) – на хорошем агрофоне они дают высокую урожайность, на низком – незначительно ее снижают.

Из таблицы 2 видно, что сорт Раушан наиболее пластичный в опыте, рассчитанные коэффициенты регрессии на всех вариантах наиболее приближены к единице  $bi=1,12-1,33$ . Этот сорт реагирует на изменяющиеся условия среды (биопрепараты) без резких колебаний урожайности зерна, она увеличивается пропорционально агрофону. Сорта Владимир и Яромир характеризуются более низкой пластичностью  $bi=0,75$  и  $bi=0,56$  на контрольных вариантах, увеличивая этот показатель при внесении биопрепаратов в виде внекорневых подкормок. Так у сорта ячменя Владимир коэффициенты регрессии были наиболее близкие к единице на вариантах с внесением Гумистима ( $bi=1,13$ ), Биоагро-РР ( $bi=1,08$ ) и Биоагрогум-В ( $bi=1,37$ ). У сорта Яромир – при применении Биоагро-РР ( $bi=1,31$ ) и Биоагрогум-В ( $bi=1,01$ ) и Гумистима ( $bi=0,80$ ).

Таким образом, при возделывании менее пластичных сортов ярового ячменя Владимир и Яромир применение двух внекорневых подкормок биопрепаратами Биоагро-РР (1,0 л/га), Биоагрогум-В (1,0 л/га), и Гумистим (4,0 л/га) усиливает экологическую пластичность (реакцию сорта) к изменяющимся условиям среды, увеличивая при этом урожайность зерна до 5,91-6,10 т/га (Владимир) и до 6,32-6,39 т/га (Яромир).

**Заключение.** Среднесортная реакция вида *Hordeum sativum* по показателю «урожайность» в опыте составила 5,71 т/га зерна. В пределах «видовой нормы» была сформирована урожайность зерна на контрольных делянках (без применения биопрепаратов) на фоне N120P120K120 – у сорта Владимир – 5,14 т/га, Яромир – 4,90 и Раушан – 4,88 т/га. Использование биопрепаратов на посевах ячменя обеспечило достоверные прибавки урожайности зерна по сортам на 0,96-1,49 т/га.

Наибольшую среднюю урожайность зерна в опыте 6,39 т/га и 6,32 т/га обеспечил сорт Яромир при внесении препаратов Биоагро-РР и Биоагрогум-В, эти биопрепараты также обеспечили наибольшую урожайность зерна ячменя у сорта Владимир (6,06-6,10 т/га). Раушан сформировал наибольшую урожайность (5,96 и 5,92 т/га) на вариантах с Гумистимом и Биоагро-РР.

Отмечено увеличение коэффициента адаптивности у сорта Раушан до  $K_a=1,04$  при применении в технологии возделывания препаратов Гумистим и Биоагро-РР; у сорта Владимир  $K_a=1,03-1,07$  – при внесении Гумистима, Биоагро-РР и Биоагрогум-В; у сорта Яромир  $K_a=1,05-1,12$  – при применении препаратов Биоагро-РР, Биоагрогум-В и Геотон. Препарат Биоагро-РР проявлял свои адаптационные функции на всех изучаемых сортах.

Все изучаемые сорта ярового ячменя Раушан, Владимир и Яромир отличались достаточно высокой стабильностью по показателю «урожайность». Показатели стабильности не имели существенных колебаний в зависимости от применяемых биопрепаратов и составили для сорта Раушан  $S^2_i=1,37-1,59$ , Владимир  $S^2_i=1,33-1,58$  и сорта Яромир  $S^2_i=1,10-1,82$ .

Наибольшей пластичностью в опыте отличался ячмень Раушан ( $bi=1,12-1,33$ ). Сорта Владимир и Яромир характеризовались более низкой пластичностью  $bi=0,75$  и  $bi=0,56$  на контрольных вариантах, увеличивая этот показатель при внесении биопрепаратов в виде внекорневых подкормок. У сорта Владимир коэффициенты регрессии были наиболее близкие к единице на вариантах с внесением Гумистима ( $bi=1,13$ ), Биоагро-РР ( $bi=1,08$ ) и Биоагрогум-В ( $bi=1,37$ ). У сорта Яромир – при применении Биоагро-РР ( $bi=1,31$ ) и Биоагрогум-В ( $bi=1,01$ ) и Гумистима ( $bi=0,80$ ).

При возделывании менее пластичных сортов ярового ячменя Владимир и Яромир применение двух внекорневых подкормок биопрепаратами Биоагро-РР (1,0 л/га), Биоагрогум-В (1,0 л/га), и Гумистим (4,0 л/га) усиливало экологическую пластичность (реакцию сорта) к изменяющимся условиям среды, увеличивая при этом урожайность зерна до 5,91-6,10 т/га (Владимир) и до 6,32-6,39 т/га (Яромир).

**Список источников**

1. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Брагин Р.Н. Анализ экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя в межстанционном сортоиспытании // *Зерновое хозяйство России*. 2019. № 1 (61). С. 3-5.
2. Батакова О.Б., Корелина В.А. Оценка урожайности, пластичности и стабильности образцов ярового ячменя в условиях Европейского Севера РФ // *Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Агрономия и животноводство*. 2021. Т. 16, № 2. С. 118-128.
3. Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А. Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // *Вестник Ульяновской ГСХА*. 2018. № 1 (41). С. 43-48.
4. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя / Е.Г. Филиппов, Р.Н. Брагин, А.А. Донцова, Д.П. Донцов // *Таврический вестник аграрной науки*. 2021. № 3 (27). С. 172-179.
5. Сабирова Т.П., Сабиров Р.А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // *Вестник АПК Верхневолжья*. 2018. № 3 (43). С. 18-22.
6. Оценка урожайности, содержания белка в зерне и пленчатости ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья / Е.Н. Шаболкина, С.Н. Шевченко, А.А. Бишарев и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2023. Т. 15, № 4. С. 72-77.
7. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» // *Селекция и семеноводство*. 1994. № 2. С. 3-6.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
9. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // *Crop Science*. 1966. Vol. 6, № 1. P. 36-40.
10. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России: коллектив. монография / Н.М. Белоус, Г.П. Малявко, В.В. Мамеев и др. В 2 ч. Ч. 1. Современное состояние. Брянск, 2020.
11. Просяников Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // *Агротехнический вестник*. 2021. № 6. С. 45-49.

**Информация об авторах:**

**О.В. Мельникова** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, torikova1999@mail.ru.

**В.Е. Ториков** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, torikov@bgsha.com.

**И.А. Сальникова** – аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Д.М. Мельников** – магистрант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Information about the authors:**

**O.V. Mel'nikova** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, torikova1999@mail.ru.

**V.E. Torikov** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, torikov@bgsha.com.

**I.A. Sal'nikova** - Postgraduate student of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

**D.M. Mel'nikov** - Master's student of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 28.11.2023.**

**The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.**

© Мельникова О.В., Сальникова И.А., Ториков В.Е., Мельников Д.М.

**ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД КУКУРУЗУ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЗЕРНО В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР**<sup>1</sup>Александр Леонидович Полянский, <sup>1</sup>Екатерина Владимировна Малышева,<sup>2</sup>Николай Георгиевич Мязин<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Курский ГАУ, Курск,<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, Воронеж, Россия

**Аннотация.** Внесение минерального удобрения марки NPS (20-20-14) в дозе  $N_{45}P_{45}S_{31}$  с осени под основную обработку почвы и аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку обеспечили максимальную прибавку урожайности зерна кукурузы - 1,93 т/га или 34,5 %. Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожайности зерна составила 11,6 кг. Прибавка урожайности зерна 0,9 т/га (13,6 %) обусловлена внесением серы в дозе  $S_{31}$  в удобрении NPS (20-20-14) в составе дозы  $N_{45}P_{45}S_{31}$  с осени под основную обработку почвы и внесением аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку по сравнению с использованием минерального удобрения марки NPS (12-52) при внесении его в норме N10P45 с осени под основную обработку почвы и аммиачной селитры в дозе N56 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев в подкормку. Окупаемость 1 кг серных удобрений прибавкой урожайности зерна при этом составила 29,0 кг. Увеличение содержания сырого протеина на 2,5–2,9 %, крахмала на 1,5–2,7 % и сырого жира на 0,4–0,6 % практически мало зависело от вносимых видов минеральных удобрений.

**Ключевые слова:** кукуруза, урожайность и качество зерна, элементы питания, минеральные удобрения.

**Для цитирования:** Оценка применения минеральных удобрений под кукурузу при возделывании на зерно в западной части ЦЧР / А.Л. Полянский, Е.В. Малышева, Н.Г. Мязин // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 36-41. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-36-41>.

**Original article****EVALUATION OF USING MINERAL FERTILIZERS FOR CORN IN GRAIN CULTIVATION IN THE WESTERN PART OF THE CENTRAL BLACK SOIL REGION**<sup>1</sup> Aleksandr L. Polyanskiy, <sup>1</sup> Ekaterina V. Malysheva, <sup>2</sup> Nikolaj G. Myazin<sup>1</sup>Kursk State Agrarian University, Kursk,<sup>2</sup>Voronezh State Agrarian University, Voronezh, Russia

**Abstract.** The application of mineral fertilizer of the NPS brand (20-20-14) at a dose of  $N_{45}P_{45}S_{31}$  in autumn under the basic tillage and ammonium nitrate at a dose of N21 under pre-sowing cultivation and at a dose of N24 in the phase of 4-5 corn leaves in top dressing provided a maximum increase in corn grain yields - 1.93 t/ha or 34.5%. The payback of 1 kg of fertilizers with an increase in grain yields amounted 11.6 kg. The increase in grain yields of 0.9 t/ha (13.6%) is due to the introduction of sulfur at a dose of  $S_{31}$  in the fertilizer NPS (20-20-14) as part of a dose of  $N_{45}P_{45}S_{31}$  from autumn for basic tillage and the introduction of ammonium nitrate at a dose of N21 under pre-sowing cultivation and at a dose of N24 in the phase of 4-5 corn leaves in top dressing compared with the use of mineral fertilizer brand NPS (12-52) when it is applied normally N10P45 in autumn under basic tillage and ammonium nitrate at a dose of N56 under pre-sowing cultivation and at a dose of N24 in the phase of 4-5 leaves in top dressing. The payback of 1 kg of sulfur fertilizers with an increase in grain yields was 29.0 kg. The increase in the content of crude protein by 2.5–2.9%, starch by 1.5–2.7% and crude fat by 0.4–0.6% practically did not depend much on the types of mineral fertilizers applied.

**Keywords:** corn, grain yields and quality, nutrition elements, mineral fertilizers.

**For citation:** Polyanskiy A.L., Malysheva E.V., Myazin N.G. Evaluation of using mineral fertilizers for corn in grain cultivation in the western part of the central black soil region. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 36-41 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-36-41>.

**Введение.** Зерно кукурузы отличается многообразием промышленного и сельскохозяйственного назначения, из него производят огромное количество разнообразной продукции. Благодаря значительной питательной ценности кукуруза лидирует среди зерновых как фуражная культура. В связи с этим необходимость в зерне большая, и она должна удовлетворяться как за счет расширения площадей, так и за счет роста урожайности, в получении которой огромное значение имеет обеспеченность питательными элементами [1].

При введении в производство новых элементов технологии возделывания кукурузы, которые существенно изменяют параметры продуктивной влаги и увеличивают потенциал сортов и гибридов, чтобы точно определить объем компенсации их выноса, нужно находить

содержание и баланс основных макроэлементов, их динамику под влиянием изучаемых факторов, [2]. При росте продуктивности сельскохозяйственных культур изменяется состав растений и, следовательно, увеличивается вынос питательных веществ, при этом трансформируется характер круговорота элементов питания [3]. Вынос макроэлементов культурами изменчив и определен естественными и антропогенными факторами. Из последних наиболее значимыми являются генетические особенности культуры, от которых напрямую зависит величина продуцируемого урожая [4,5].

Однако в связи с высокой стоимостью минеральных удобрений, все актуальнее становится вопрос использования новых видов (марок) минеральных удобрений с оптимальным сочетанием в них макро- и микроэлементов, находящихся в наиболее доступных для растений формах, способствующих улучшению физико-химических свойств и режимов почвы, биологической активности и т.д. [6,7]. Каждое минеральное удобрение отличается определенным комплексом свойств, которые зависят от природы соли, технологии выработки, которые могут модифицироваться в течение стадии от производства до внедрения. Поэтому определение отзывчивости культуры на некоторые виды минеральных удобрений и их соединений, воздействия их на продуктивность кукурузы, качества продукции и плодородия почвы является актуальной задачей, имеющей важное теоретическое и практическое значение [8,9].

**Цель исследования:** изучение эффективности применения разнообразных марок минеральных удобрений, содержащих серу, при возделывании кукурузы на зерно на черноземе типичном в условиях Курской области.

**Методика исследований.** В работе дана комплексная оценка влияния различных марок минеральных удобрений на продуктивность кукурузы, возделываемой на зерно и плодородие чернозема типичного. Почвы представлены черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым гранулометрического состава. Почва характеризуется высоким потенциальным плодородием – по содержанию доступного фосфора в пахотном слое – повышенное, обменного калия – высокое [10,11,12]. Из всех природных факторов – климатический - наименее предсказуем и практически не поддается воздействию направленной деятельности человека. Курская область входит в состав лесостепной почвенно-климатической зоны. Среднепогодный режим увлажнения почв - периодически промывной [13].

Исследования проводились на почвах ООО АгроАктив в севообороте со следующим чередованием культур: чистый пар; озимая пшеница; кукуруза; яровая пшеница. Повторность опыта трехкратная. Размер делянки 168 м<sup>2</sup> (5,6 x 30). Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 6,1 %, щелочногидролизуемого азота 71 мг/кг, подвижного фосфора – 92 мг/кг почвы, обменного калия – 160 мг/кг почвы, подвижной серы – 3,5 мг/кг. Минеральные удобрения вносили согласно схеме опыта (табл. 1).

Таблица 1 – Схема полевого опыта и содержание вариантов

№ вар.	Вариант	Доза внесения		Сроки внесения удобрений
		д.в., кг/га	ф.в., кг/га	
1	Без удобрений	–	–	–
2	NPKS (22-15-0-7)	N66P45S21	300	основная обработка почвы
	Naa	N24	70	подкормка в фазе 4-5 листьев
3	NPKS (22-15-0-7)	N66P45 S21	300	основная обработка почвы
	КАС-32	N24	75	подкормка в фазе 4-5 листьев
4	NPS (12-52)	N10P45	87	основная обработка почвы
	Naa	N56	163	предпосевная культивация
	Naa	N24	70	подкормка в фазе 4-5 листьев
5	NPS (20-20-14)	N45P45 S31	225	основная обработка почвы
	Naa	N21	61	предпосевная культивация
	Naa	N24	70	подкормка в фазе 4-5 листьев

Способ посева кукурузы – широкорядный с шириной междурядий 70 см. В период 4-5 листьев проводилась обработка посевов кукурузы гербицидами (Базагран 3 л/га+ БиоПауэр 1 л/га) + две междурядные обработки культиватором КРН-5,6.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Исследования выявили, что внесение различных марок минеральных удобрений под основную обработку почвы обеспечило слабую тенденцию к увеличению содержания доступной влаги в пахотном слое почвы перед посевом кукурузы: на 1,5–1,8 мм или 5,5–7,6 % (табл. 2).

Таблица 2 – Запасы доступной влаги в пахотном (0-25 см) слое почвы перед посевом кукурузы под влиянием минеральных удобрений, внесенных под основную обработку почвы, мм (2020-2021 гг.)

Вариант	Запасы влаги, мм	+ / -	
		мм	%
Без удобрений	23,8	–	–
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21	25,5	1,7	7,1
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21	25,6	1,8	7,6
NPS (12-52-0) N10P45S0	25,1	1,3	5,5
NPS (20-20-14) N45P45S31	25,3	1,5	6,3

Запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см слабо зависели от марки минеральных удобрений, оказывающих содействие его повышению перед посевом кукурузы в среднем на 3,5–4,7 кг/га (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика запасов нитратного азота в слое почвы 0-40 см под посевами кукурузы под влиянием минеральных удобрений, кг/га (2020-2021 гг.)

Вариант	Перед посевом	В фазе цветения	Перед уборкой
Без удобрений	16,7	85,4	9,7
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (Naa) N24	20,2	99,8	9,9
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (КАС-32) N24	20,3	99,4	9,8
NPS (12-52-0) N10P45S0 + ( Naa) N56 + ( Naa) N24	21,4	103,9	10,2
NPS (20-20-14) N45P45S31 + + ( Naa) N21 + (Naa) N24	21,2	104,1	10,1

Более высокие запасы нитратного азота были отмечены в фазе цветения кукурузы при внесении комплексных минеральных удобрений марки NPS (12-52-0) в дозе N10P45S0 под основную обработку почвы и аммиачной селитры в дозе N<sub>56</sub> под предпосевную культивацию и в подкормку аммиачной селитрой N24, а также удобрения марки NPS (20-20-14) в дозе N45P45S31 с осени под основную обработку почвы и аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в подкормку аммиачной селитрой в дозе N24, что выше, чем без удобрений на 18,4-18,7 кг/га или на 21,5–21,9 %. Ко времени уборки урожая кукурузы запасы нитратного азота были минимальными и практически не варьировали в зависимости от внесения удобрений (9,7-10,2 кг/га). Более высокое содержание щёлочногидролизуемого азота в пахотном слое почвы (77,6 мг/кг) обеспечило внесение комплексных минеральных удобрение NPS (12-52-0) в дозе N10P45S0 под основную обработку почвы, аммиачной селитры (N56) под предпосевную культивацию и в подкормку аммиачной селитры (N24) в фазе 4-5 листьев кукурузы, а также удобрений марки NPKS (22-15-0-7) в дозе N66P45S21 под основную обработку почвы и внесение удобрения КАС-32 в дозе N24 в фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку (76,7 мг/кг). Применение КАС-32 проявило слабую тенденцию к росту этой формы азота по сравнению с использованием аммиачной селитры в подкормку (1,6 мг/кг) (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание доступных форм элементов питания в пахотном слое почвы (0-25 см) в фазе «цветение» кукурузы под влиянием минеральных удобрений, мг/кг (2020-2021 гг.)

Варианты	N <sub>шт.г.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Без удобрений	70,8	89,9	160,1	3,5
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (Naa) N24	75,1	109,3	161,4	4,5
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (КАС-32) N24	76,7	109,5	161,0	4,7
NPS (12-52-0) N10P45S0 + (Naa) N56 + (Naa) N24	77,6	109,2	160,6	3,5
NPS (20-20-14) N45P45 S31 + ( Naa) N21 + (Naa) N24	75,3	109,4	162,5	5,6

Удобрения способствовали повышению содержания фосфатов в почве в среднем на 19,3–19,6 мг/кг. Содержание калия не зависело от применения удобрений. При внесении серосодержащих удобрений увеличение содержания серы составило 1,0–2,1 мг/кг почвы.

Наибольшему увеличению озернённости початка на 115 шт., массы зерна с одного початка на 50 г и массы 1000 зерен на 8 г способствовало внесение минеральных удобрений марки NPS (20-20-14) в дозе N45P45S31 с осени под основную обработку почвы и внесение аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку (табл. 5).

Таблица 5 – Структура урожая кукурузы под влиянием минеральных удобрений (2020-2021 гг.)

Вариант	Количество початков с 1 растения	Озерненность початка, шт	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г при влажности 21/14%	Масса зерна с 1 растения, г	Масса 1 000 зерен, г
Без удобрений	1,0	314	210	147/98	98	221
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (Naa) N24	1,1	418	283	198/132	154	224
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (КАС-32) N 24	1,2	426	282	197/131	157	223
NPS (12-52-0) N10P45S0 + (Naa) N56 + (Naa) N24	1,2	415	280	196/130	156	227
NPS (20-20-14) N45P45S31 + (Naa) N21 + (Naa) N24	1,2	429	303	212/148	177	229

Влияние минерального удобрения без серы марки NP (12-52) при внесении его в норме N10P45 с осени под основную обработку почвы и внесение аммиачной селитры в дозе N56 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы подкормку была несколько ниже: озернённость початка повышалась на 101 шт., масса зерна с одного початка на 32 г, масса 1000 зерен на 6 г. Внесение минерального удобрения марки NPS (22-15-7) в дозе N66P45S21 и одноразового внесения аммиачной селитры в дозе N24 способствовало увеличению озернённости початка на 99 шт., массы зерна с одного початка на 34 г и массы 1000 зерен на 3 г.

При использовании КАС-32 не выявлено заметного преимущества по этим показателям перед аммиачной селитрой, проявив тенденцию к росту количества початков с одного растения (0,1) и озерненности початка (8 шт.).

В среднем за 2020–2021 гг. максимальная прибавка урожайности зерна кукурузы в опыте получена с внесением минерального удобрения марки NPS (20-20-14) в дозе N45P45S31 с осени под основную обработку почвы и внесением аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку, составившая 1,93 т/га или 34,5 %, при урожайности без удобрений, равной 5,59 т/га (табл. 6).

Внесение минерального удобрения марки NPKS (22-15-0-7) в норме N66P45S21 с осени под основную обработку почвы и аммиачной селитры в норме N24 в фазе 4-5 листьев в подкормку привело к увеличению урожайности зерна кукурузы на 1,56 т/га или 27,9 %. Снижение эффективности минеральных удобрений в этом варианте, по нашему мнению, связано со снижением дозы серы с S31 до S21 в удобрениях и с переносом внесения азотных удобрений на осень (соответственно N66 и N45) и, как следствие, снижения нормы азотных удобрений, вносимых весной – N24 и N21+24.

Замена аммиачной селитры на КАС-32 при внесении в фазе 4-5 листьев в подкормку на фоне внесения минерального удобрения марки NPKS (22-15-0-7) в норме N66P45S21 под основную обработку почвы обозначила тенденцию к росту урожайности кукурузы на 0,13 т/га.

Внесение серы в дозе S31 в удобрении NPS (20-20-14) в составе дозы N45P45S31 с осени под основную обработку почвы и внесение аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку обеспечило прибавку урожайности, равной 0,9 т/га зерна или 13,6 %, по сравнению с использованием минерального удобрения марки NPS (12-52-0) при внесении его в норме N10P45 с осени под основную обработку почвы и аммиачной селитры в дозе N56 под предпосевную культивацию.

цию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев в подкормку, которое способствовало увеличению урожайности кукурузы на 1,03 т/га или на 18,4 % по сравнению с контролем.

Таблица 6 – Урожайность зерна кукурузы под влиянием минеральных удобрений, т/га

Вариант	2020 г.	2021 г.	Среднее	+ / –	
				т/га	%
Без удобрений	5,45	5,73	5,59	–	–
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (Naa) N24	6,88	7,42	7,15	1,56	27,9
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (КАС-32) N24	7,03	7,53	7,28	1,69	30,2
NPS (12-52-0) N10P45 + (Naa) N56 + (Naa) N24	6,30	6,94	6,62	1,03	18,4
NPS (20-20-14) N45P45S31 + (Naa) N21 + (Naa) N24	7,30	7,74	7,52	1,93	34,5
НСР <sub>05</sub>	0,28	0,38	–	–	–

Использование различных марок минеральных удобрений оказывало различное влияние на качество зерна кукурузы (табл. 7).

Таблица 7 – Качество зерна кукурузы под влияние минеральных удобрений (2020-2021 гг.)

Варианты	Протеин, %	Крахмал, %	Жир, %
Без удобрений	6,9	69,6	4,4
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (Naa) N24	9,5	72,3	5,0
NPKS (22-15-0-7) N66P45S21 + (КАС-32) N24	9,5	72,2	5,0
NPS (12-52-0) N10P45 + (Naa) N56 + (Naa) N24	9,8	71,1	4,6
NPS (20-20-14) N45P45 S31 + (Naa) N21 + (Naa) N24	9,4	71,4	4,8

Повышение содержания протеина на 2,5–2,9 %, крахмала на 1,5–2,7 % и жира на 0,4–0,6 % при внесении изучаемых удобрений практически мало варьировало в зависимости от их видов.

**Заключение.** Максимальная прибавка урожайности зерна кукурузы обеспечена внесением минерального удобрения марки NPS (20-20-14) в дозе N45P45S31 с осени под основную обработку почвы и внесением аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку, составившая 1,93 т/га или 34,5 %. Окупаемость 1 кг удобрений прибавкой урожайности зерна при этом составила 11,6 кг.

Прибавка урожайности зерна 0,9 т/га (13,6 %) обусловлена внесением серы в дозе S31 в удобрении NPS (20-20-14) в составе дозы N45P45S31 с осени под основную обработку почвы и внесением аммиачной селитры в дозе N21 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев кукурузы в подкормку по сравнению с использованием минерального удобрения марки NPS (12-52-0) при внесении его в норме N10P45 с осени под основную обработку почвы и аммиачной селитры в дозе N56 под предпосевную культивацию и в дозе N24 фазе 4-5 листьев в подкормку. Окупаемость 1 кг серных удобрений прибавкой урожайности зерна при этом оказалась равной 29,0 кг.

Повышение содержания протеина на 2,5–2,9 %, крахмала на 1,5–2,7 % и жира на 0,4–0,6 % практически мало зависело от видов удобрений.

#### Список литературы

1. Малышева Е.В., Долгополова Н.В., Нагорных А.В. Влияние различных видов удобрений на биохимические показатели зерна // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 6. С. 35-40.
2. Дронов А.В. Разработка инновационных агроприёмов возделывания кукурузы на зерно раннеспелой группы в условиях Брянской области // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. междунаро. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 313-319.
3. Основа биологизации земледелия сельскохозяйственных агроландшафтов / Н.В. Долгополова, Е.В. Малышева, А.В. Нагорных и др. // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 7. С. 6-11.
4. Недбаев В.Н., Малышева Е.В. Гумусовое состояние почв центрального Черноземья и пути повышения его содержания // Вестник Курской ГСХА. 2018. № 9. С. 94-97.
5. Малышева Е.В., Долгополова Н.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность и вынос элементов питания кукурузой, возделываемой в условиях ЦЧЗ // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 3. С. 45-49.
6. Дронов А.В. Оценка адаптивности и биологической урожайности зерна гибридов кукурузы различной спелости на юго-западе Нечерноземья // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. междунаро. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 330-337.
7. Малышева Е.В., Ториков В.Е. Влияние приёмов основной обработки почвы и минеральных удобрений

на урожайность и качество зерна кукурузы // Вестник Курской ГСХА. 2021. № 8. С. 41-46.

8. Стифеев А.И., Никитина О.В., Кемов К.Н. Состояние почв Центрального Черноземья и необходимость воспроизводства их плодородия // Вестник Курской ГСХА. 2018. № 1. С. 10-14.

9. Ступаков А.Г., Куликова М.А., Ореховская А.А. Влияние агротехнологических приёмов на азотный режим чернозёма типичного // Агропромышленные технологии Центральной России. 2020. № 4 (18). С. 108-116.

10. Аристархов А.Н. Баланс серы по регионам страны // Химия в сельском хозяйстве. 1987. № 9. С. 41-44.

11. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. М., 2000. 524 с.

12. Растениеводство Центрального Черноземья России: учебник для подготовки магистров и специалистов по направлению "Агрономия" / В.А. Федотов, С.В. Кадыров, Д.И. Щедрина и др. Воронеж, 2019. С. 173-199.

13. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России: коллектив. монография / Н.М. Белоус, Г.П. Малявко, В.В. Мамеев, Е.В. Просяников, В.Е. Ториков. В 2-х ч. Ч. 1. Современное состояние. Брянск, 2020.

14. Просяников Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

15. Ториков В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства. Сер. Учебники для вузов. Специальная литература. 3-е изд., стер. СПб., 2019.

16. Дронов А.В., Мамеев В.В., Нестеренко О.А. Развитие и зерновая продуктивность раннеспелых гибридов кукурузы в зависимости от абиотических факторов и приёмов агротехнологии в Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 3 (73). С. 3-8.

#### **Информация об авторах:**

**А.Л. Полянский** – аспирант, ФГБОУ ВО Курский ГАУ.

**Е.В. Малышева** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Курский ГАУ.

**Н.Г. Мязин** – доктор сельскохозяйственных наук профессор, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

#### **Information about the authors:**

**A.L. Polyansky** – Postgraduate student, Kursk State Agrarian University.

**E.V. Malysheva** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Plant Breeding, Breeding and Seed Production, Kursk State Agrarian University.

**N.G. Myazin** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Agrochemistry and Soil Science, Voronezh State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 25.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 28.11.2023.**

**The article was submitted 25.10.2023.; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.**

© Полянский А.Л., Малышева Е.В., Мязин Н.Г.

Научная статья  
УДК 633.367.2 (470.333)

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-42-47

## ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО НА ПРОДУКТИВНОСТЬ В УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Наталья Витальевна Милехина, Владимир Викторович Дьяченко, Ирина Дмитриевна Сазонова  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты изучения перспективных сортов люпина узколистного в условиях Брянской области. Основной целью исследований являлось изучить и выявить наиболее продуктивный сорт люпина узколистного в условиях региона. Сравнительная оценка сортов была проведена на опытном поле Брянского ГАУ в 2020-2021 годах в условиях серых лесных почв. На посевах люпина узколистного наблюдали динамику роста растений по фазам вегетации, изучали морфологические особенности и элементы структуры урожая, определяли урожайность семян и коэффициент адаптивности сортов, содержание сырого протеина в семенах и выход его с урожаем. В результате испытаний по урожайности семян сорта Брянский кормовой и Белорозовый 144 были наиболее продуктивными. В среднем урожайность варьировала от 2,26 т/га до 2,04 т/га, прибавка к сорту Витязь принятого за стандарт составила 0,45 и 0,23 т/га соответственно. Наиболее адаптивным к условиям региона оказался сорт Брянский кормовой с коэффициентом – 111%. Содержание сырого протеина в семенах и его выход с урожаем у изучаемых сортов варьировало от – 31,8 % до 32,2%. Средняя урожайность зелёной массы в опыте по сортам составила 30,0 т/га, по сорту стандарту – 26,2 т/га. Наиболее эффективным был сорт Брянский кормовой с рентабельность производства 58,4 %, что на 23,73 % выше по отношению к стандарту.

**Ключевые слова:** люпин узколистный, урожайность семян, зелёная масса, сырой протеин, структура урожая, коэффициент адаптивности.

**Для цитирования:** Милехина Н.В., Дьяченко В.В., Сазонова И.Д. Изучение сортов люпина узколистного на продуктивность в условиях Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 42-47. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-42-47>.

Original article

## STUDYING ANGUSTIFOLIA LUPINE VARIETIES ON PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF THE BRYANSK REGION

Natal'ya V. Milyekhina, Vladimir V. D'yachenko, Irina D. Sazonova  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** The article presents the results of studying promising varieties of angustifolia lupine in the Bryansk region. The main goal of the researches was to study and identify the most productive variety of angustifolia lupine in the region. A comparative evaluation of varieties was carried out on the experimental field of the Bryansk State Agrarian University in 2020-2021 under conditions of gray forest soils. In the angustifolia lupine sowings we observed the dynamics of plant growth according to the vegetation phases, studied the morphological features and elements of the yield structure, and determined the seed yields and the adaptability coefficient of the varieties, the content of crude protein in the seeds and its payback with the harvest. As a result of tests on seed yields, the varieties Bryanskiy kormovoy and Belorozoviy 144 were the most productive. On average the yields varied from 2.26 t/ha to 2.04 t/ha, the increase to the variety Vityaz', accepted as the standard, was 0.45 and 0.23 t/ha, respectively. The variety Bryanskiy kormovoy turned out to be the most adaptive to the conditions of the region with a coefficient of 111%. The content of crude protein in the seeds and its payback with the harvest of the studied varieties varied from – 31.8% to 32.2%. The average yields of green mass in the experiment for varieties was 30.0 t/ha, for the standard variety - 26.2 t/ha. The most effective variety was the variety Bryanskiy kormovoy with a production profitability of 58.4%, which is 23.73% higher than the standard.

**Key words:** angustifolia lupine, yields, crude protein, yield structure, adaptability coefficient.

**For citation:** Milyekhina N.V., D'yachenko V.V., Sazonova I.D. Studying angustifolia lupine varieties on productivity in the conditions of the Bryansk region. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 42-47 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-42-47>.

**Введение.** Проблема увеличения производства растительного белка является центральной в решении продовольственных задач в Российской Федерации, так как продуктивность животноводства базируется в основном на растительном белке. Важным его источником являются зернобобовые культуры.

Все возрастающее распространение зернобобовых культур в мировом растениеводстве обусловлено их уникальной способностью накапливать в вегетативной массе, корневой системе и семенах значительное количество высококачественного белка преимущественно за счет самого дешевого источника – атмосферного азота. По этой причине их значение многостороннее.

Одним из факторов биологизации и интенсификации земледелия, является расшире-

ние посевов зернобобовых культур, среди которых важная роль отводится люпину [1].

В связи с дефицитом белка в современном мировом земледелии отмечается особый интерес к люпину как альтернативе сои, он может стать высокоэффективным источником кормового и пищевого белка.

Уникальность люпина заключается в многофункциональности его использования. Это кормовая, сидеральная, а последние годы и пищевая культура [2].

Кандидат с.-х. наук Слесарева Т.Н. утверждает, что «люпин узколистный это фактически «северная соя», но в отличие от сои люпин не содержит ингибиторов трипсина и может использоваться в кормлении животных без предварительной тепловой обработки. Этот вид отличается относительной нетребовательностью к почвенному плодородию и выносливостью к пониженной температуре. Благодаря скороспелости и быстрому развитию узколистный люпин можно выращивать не только в основных посевах, но и в промежуточных. Он может служить источником поступления зеленых кормов на протяжении всего летнего периода. От других видов узколистный люпин отличается наибольшей толерантностью к самому вредоносному грибковому заболеванию - антракнозу. Люпин - хорошая средообразующая культура. Его совместные посевы с зерновыми и другими культурами позволяют не только получать сбалансированные по протеину концентрированные и травянистые корма, но и существенно увеличить продуктивность пашни» [3].

Профессор Белоус Н.М. считает, что «несмотря на то, что люпин отличается относительно невысокой требовательностью к почвенному плодородию, он, тем не менее, хорошо отзывается на применение средств химизации, включая удобрения, средства химической защиты растений от вредных организмов, биологически активных препараты, регуляторы роста растений, что характеризует люпин, как один из факторов биологизации и интенсификации земледелия пашни» [4].

**Цель исследований** – в условиях Брянской области выявить наиболее продуктивный сорт люпина узколистного.

**Материал и методика исследований.** При проведении мероприятия «День Брянского Поля» в 2020-2021 годах на базе опытного стационара Брянского ГАУ проводились исследования. Все исследуемые сорта люпина узколистного селекции ФГБНУ «ВНИИ люпина» ветвистые и детерминантные универсального типа использования.

Почва опытного участка серая лесная, среднеокультуренная, легкосуглинистая. Гумусовый горизонт 45 см, содержание гумуса 2,9 %, содержание доступных форм фосфора и калия среднее (15-18 мг  $P_2O_5$  и 13-15 мг  $K_2O$  на 0,1 кг почвы). Реакция почвенного раствора слабокислая, рН- 5,2.

При проведении исследований применяли методику государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [5]. Предшественник - кукуруза. Посев проводили в третьей декаде апреля с нормой высева 1 миллион 200 тысяч всхожих семян на 1 га. Семена протравливали препаратом Витарос 2 л/т непосредственно перед посевом. Против сорняков применяли гербицид Метрибузин (СП-700 г/кг) до появления всходов и препарат Фертикс в качестве подкормки микроэлементами. Делянки расположены - систематически, повторность четырехкратная, общая площадь делянки 22 м<sup>2</sup>, учетная 20 м<sup>2</sup>.

В течение вегетационного периода отмечали следующие фазы развития – всходы, стеблевание, бутонизация, цветение, плодообразование. Проводили учеты сохранности растений, густоты в фазу полных всходов и перед уборкой. Подсчет проводили на площадках по 0,25 м<sup>2</sup> в четырех кратной повторности. Элементы продуктивности растений определяли путем отбора образцов по 25 растений. Проводился подсчет бобов и семян на растении, учитывалась масса семян с одного растения и масса 1000 семян. Учет урожая осуществляли путем обмолота и взвешивания семян поделочно. Адаптивный потенциал определяли по методике Мироновского НИИ селекции пшеницы [6]. Сырой протеин в семенах определен расчетным путем (ГОСТ 13496.4-93). Статистическую обработку данных по урожайности семян проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [7] на персональном компьютере с помощью программы статистического анализа Straz.

**Результаты и обсуждение.** В 2020 году в первую половину вегетации температура воздуха превышала среднее многолетнее значение. Средняя температура июня и июля так же была выше нормы. Выпавшие осадки мая незначительно превысили климатическую норму на 1,2 мм. Сумма атмосферных осадков за вегетационный период по сравнению со среднемноголетним значением практически не отличалась. ГТК составил - 1,6.

В мае 2021 года температура воздуха была благоприятной для появления всходов, но превышала среднее многолетнее значение. Как и в предыдущем году в наиболее уязвимые фазы развития растений люпина (период цветения и плодообразования) отмечались повышенные температуры, что в дальнейшем сказалось на урожайности культуры. За весь период вегетации показатель суммы атмосферных осадков намного превышал среднее значение. ГТК составил – 2,3. Вегетационный период этого года был менее благоприятным, чем предыдущий для роста и развития растений люпина узколистного.

Кандидат с.-х. наук Агеева П.А. утверждает, что «современные сорта люпина узколистного селекции Всероссийского НИИ люпина при выращивании их на семена или зернофураж отличаются достаточно коротким вегетационным периодом – на уровне зерновых культур» [2].

Одним из основных и наиболее важных признаков, определяющих пригодность сорта к возделыванию в данной агроклиматической зоне является вегетационный период. На рост, развитие растений большое значение оказывает его продолжительность. В 2020 году она составила - 80 дней, в 2021 - 87 дней. Среднесуточная температура в 2020 году в фазу всходов была выше, но количество осадков по сравнению с 2021 годом меньше. Период посев – всходы соответствовал 8 - 10 дням. Фаза бутонизации наступила для растений люпина в первой декаде и через 10-12 дней растения перешли к цветению.

Одним из показателей развития растений является линейный рост. На это показатель влияют агротехнические особенности возделывания культуры и климатические факторы. Все сорта в опыте отличались по высоте (рис. 1).

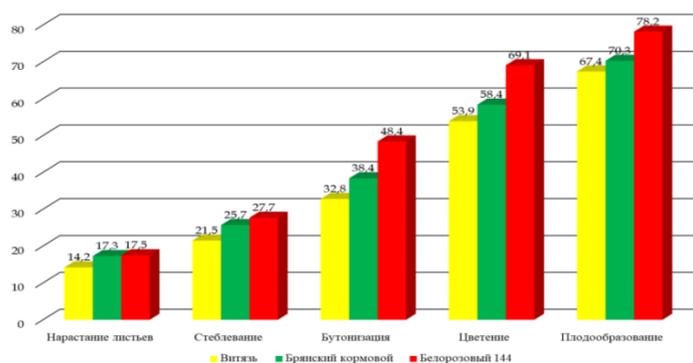


Рисунок 1 – Динамика роста растений по фазам развития (2020-2021 г.г.)

Из трех изучаемых сортов растения сорта Белорозовый 144 имели наибольшую высоту по всем фазам развития. До фазы бутонизации существенных отличий у сортов не наблюдалось. Растения сортов Брянский кормовой и Белозерный 144 друг от друга не отличались, но имели превосходство по отношению к стандарту. Разница по динамике роста уже заметна в фазу бутонизации - цветения, а растения сорта Белорозовый 144 значительно были выше. В фазе плодообразования наименьшая высота растений была отмечена у сорта Витязь – 67,4 см. Наиболее высокорослыми были растения сорта Белорозовый 144 – 78,2 см.

Разные условия вегетации в период проведения исследований негативно повлияли на всхожесть растений люпина и в дальнейшем на их сохранность к моменту уборки (табл. 1).

Норма высева и всхожесть семян, а так же выживаемость влияют на сохранность растений. К уборке среднее количество растений на 1 м<sup>2</sup> варьировало от 70 шт./м<sup>2</sup> (у сорта Витязь, являющимся стандартом) до 75 шт./м<sup>2</sup> (сорт Брянский кормовой).

Таблица 1 – Структура урожая сортов люпина узколистного (2020–2021 гг.)

Сорт	Количество растений к уборке, шт./м <sup>2</sup>	Число бобов с растения, шт.		Количество семян с одного растения шт.		Масса семян с одного растения, г		Масса 1000 семян, г	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Витязь st	70,0	5,0	4,8	20,1	19,6	2,6	2,4	128,2	122,4
Брянский кормовой	74,9	5,9	5,5	23,8	22,4	3,1	2,8	131,4	125,2
Белорозовый 144	72,9	5,6	5,1	22,3	21,5	2,9	2,7	130,5	125,5

Число бобов и семян на одном растении, масса семян с одного растения и масса 1000 семян, а так же густота стояния растений к уборке влияют на структуру урожая. По эти показателям сорт Брянский кормовой имел превосходство. Характерной особенностью сорта является то, что у растений развито боковое ветвление.

У всех изучаемых сортов в 2021 году боковых побегов было образовано больше, чем в 2020 в связи с различными метеоусловиями. У растений сорта Брянский кормовой в 2020 году их количество составило - 4,8 шт., что на 20 % выше, а в 2021 году – 5,0 шт., что на 22,0 % выше контрольного сорта Витязь.

По количеству бобов, числу семян и их массе на 1 растение 2020 год был более благоприятным. По этому показателю существенно выделился сорт Брянский кормовой. В 2020 году на растение приходилось 5,9 шт. бобов, что на 18,0 % выше уровня сорта стандарта, в 2021 – 5,5 шт., что на 14,6 % выше стандарта и на 7 % сорта Белорозовый 144.

Наибольшее число семян на 1 растение у сортов Брянский кормовой и Белорозовый 144 отмечается в 2020 году и составило – 22,3 и 23,8 шт. соответственно. По массе семян с одного растения прослеживалась та же закономерность. Данный показатель у растений сорта Брянский кормовой в 2020 году на 19,2 % выше уровня стандарта и составил 3,1 гр., в 2021 году на 16,7 % выше уровня стандарта и составил 2,8 гр.

Сортовым признаком является такой показатель, как масса 1000 семян. Она зависит от количества сформированных на растении плодов и семян, а также от условий созревания. В период созревания семян (конец июля – начало августа) засушливые погодные условия повлияли на формирование продуктивных органов. Это в последствие отразилось на показателе массы 1000 семян и семенной продуктивности. Масса 1000 семян была практически одинаковая у всех исследуемых сортов люпина. В 2020 год около 130 гр., в 2021 году - 125 гр. Основным показателем эффективности производства является урожайность семян изучаемых сортов люпина узколистного (табл. 2).

Таблица 2 - Урожайности семян люпина узколистного (2020-2021 г.)

Сорт	Урожайность семян т/га				Содержание протеина, %		Средний сбор сырого протеина, т/га	Коэффициент адаптивности (средний за 2 года), %
	2020	2021	средняя	отклонение +- к st	2020	2021		
Витязь (st)	1,85	1,76	1,81	-	32,0	31,5	0,58	89
Брянский кормовой	2,35	2,16	2,26	+0,45	32,5	31,8	0,73	111
Белорозовый 144	2,15	1,93	2,04	+0,23	32,3	31,9	0,65	100
Средняя	2,11	1,95	2,04					
НСР <sub>05</sub>	0,74	0,12						

В 2020 году сорта были более продуктивными, чем в 2021. Более высокой урожайностью семян отличился сорт Брянский кормовой. В среднем было получено 2,26 т/га за анализируемый период, что на 10,8 % выше, чем у сорта Белорозовый 144 и на 24,9 % сорта Витязь принятого за стандарт. Однофакторный анализ показал, что сорт Брянский кормовой обеспечил существенную прибавку - 0,45 т/га.

Наибольшим коэффициентом адаптивности обладал сорт Брянский кормовой – 111%. У сорта Витязь этот показатель был наименьшим.

Ценная часть урожая сырой протеин. Содержание сырого протеина в семенах изменяется в зависимости от экотипа. В 2020 году этот показатель варьировал от 32,0 % у сорта Витязь до 32,5 % у Брянского кормового, а в 2021 году от 31,5 % у Витязя до 31,9 % у Белорозового 144.

По сбору сырого протеина показатель у сорта Брянский кормовой составил – 0,73 т/га, что на 0,15 т/га больше, по отношению к стандарту и на 0,08 т/га по отношению к сорту Белорозовый 144. Отклонение от стандарта составило у сорта Белорозового 144 + 0,07, а Брянского кормового + 0,15 т/га.

В фазу сизого - начало блестящего боба формируется высокая урожайность зелёной массы. Она зависит от соотношения листьев, бобов и стеблей в вегетативной массе, плотности посева к моменту уборки и высоты растений (табл. 3).

Таблица 3 – Анализ растений люпина узколистного по структуре в фазу сизого боба (2020-2021 гг.)

Сорт	Высота растений, см	Масса растения, г	Масса, г		Облиственность, %
			бобов	листьев	
Витязь st	62,7	50,9	18,2	13,5	26,5
Брянский кормовой	66,9	54,7	23,6	15,9	29,0
Белорозовый 144	68,9	53,2	22,6	16,5	31,0

По высоте растений в фазу сизого боба выделился сорт Белорозовый 144. Она составила 68,9 см, что на 6,2 см больше, чем у сорта Витязь st. У сорта Брянский кормовой этот показатель был ниже, но на 4,2 см больше по отношению к сорту Витязь.

Наименьшая масса растения отмечена у сорта Витязь, принятого за стандарт. Сорта Брянский кормовой и Белорозовый 144 превосходили по этому показателю сорт стандарт.

Масса бобов с растения у сорта Брянский кормовой составила 23,6 г. Масса листьев у сортов Брянский кормовой и Белорозовый 144 превысила стандарт на 2,3-3 грамма соответственно.

Облиственность у сорт Белорозовый 144 составила 31,0%, что на 4,5% выше стандарта и на 2,5%, чем сорта Брянский кормовой.

Урожайность зелёной массы у всех изучаемых сортов люпина узколистного в 2021 году была выше по сравнению с 2020 годом (табл. 4).

Таблица 4 – Урожайность зелёной массы люпина узколистного (2020-2021 гг.)

Сорт	Урожайность зелёной массы т/га			
	2020 г.	2021 г.	Средняя за 2 года	- + к st
Витязь (st)	22,7	29,6	26,2	-
Брянский кормовой	31,3	36,2	33,8	+7,6
Белорозовый 144	25,4	34,7	30,1	+3,9
Средняя	26,5	33,5	30,0	
НСР <sub>0,05</sub>	1,8	5,0		

Средняя продуктивность испытуемых сортов за анализируемый период - 30 т/га. Сорт Брянский кормовой обеспечил существенную прибавку к стандарту 7,6 т/га или 29,0 %, а Белорозовый 144 - 3,9 т/га или 14,9 %.

На показатель экономической эффективности возделывания люпина узколистного влияет выбор сорта, уровень его адаптации и урожайность. В среднем за два года продуктивность сорта Витязь составила 18,1 ц/га, сорта Брянский кормовой - 22,6 ц/га. Стоимость валовой продукции при этом возросла на 20 250 руб. Показатель чистого дохода на 1 га увеличился на 23 992,16 руб., рентабельность производства так же увеличилась и составила у сорта Брянский кормовой 58,4 %.

Таблица 5 – Показатели экономической эффективности возделывания люпина узколистного в зависимости от сорта

Показатель	Сорта		
	Витязь (st)	Брянский кормовой	Белозерный 110
Урожайность, ц/га	18,1	22,6	20,4
Средняя цена реализации 1 ц, руб.	4 500,00	4 500,00	4 500,00
Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	81 450,00	101 700,00	91 800,00
Производственные затраты на 1 га, руб.	60 478,47	67 065,39	57 125,20
Производственная себестоимость 1 ц, руб.	4 446,32	2 840,82	3 856,48
Чистый доход с 1 га, руб.	20 971,53	44 963,69	24 607,83
Рентабельность производства, %	34,67	58,40	36,43

**Выводы.** На основании результатов исследований, сорт Брянский кормовой по урожайности семян и зелёной массе выделен, как наиболее продуктивный и адаптивный в условиях Брянской области. В результате испытаний по урожайности семян сорта Брянский кормовой и Белорозовый 144 были наиболее продуктивным. В среднем урожайность варьировала от 2,26 т/га до 2,04 т/га, прибавка к сорту Витязь принятого за стандарт составила 0,45 и 0,23 т /га соответственно. Наиболее адаптивным к условиям региона оказался сорт Брянский кормовой с коэффициентом – 111%. Содержание сырого протеина в семенах и его выход с урожаем у изучаемых сортов варьировало от – 31,8 % до 32,2%. Средняя урожайность зелёной массы в опыте по сортам составила 30,0 т/га, по сорту стандарту – 26,2 т/га. Наиболее эффективным был сорт Брянский кормовой с рентабельность производства 58,4 %, что на 23,73 % выше по отношению к стандарту.

#### Список источников

1. Дебелый Г.А., Конорев П.М., Меднов А.В. Результаты и перспективы использования детерминантных сортов люпина узколистного // *Агрехимический вестник*. 2011. № 5. С. 25-27.
2. Люпин узколистный - результаты изучения сортов и сортообразцов по адаптивности и комплексу хозяйственно-биологических признаков / П.А. Агеева, Н.А. Почутина, О.М. Громова, Н.М. Зайцева // *Аграрная наука Увро-Северо-Востока*. 2022. № 23 (2). С. 211-220.
3. Слесарева Т.Н. Технология возделывания узколистного люпина на семена в смеси с зерновыми культурами // *Люпин – его возможности и перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию ВНИИ люпина*. Брянск: Читай-город, 2012. С. 171.
4. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В. Система удобрения полевого и лугового производства в условиях радиоактивного загрязнения территории // *Плодородие*. 2016. № 5. С. 34-38.
5. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М.А. Федина. М.: Колос, 1989. 194 с.
6. Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // *Селекция и семеноводство*. 1994. № 2. С. 3-6.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
8. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качество люпина желтого, возделываемого на легких песчаных почвах в условиях радиоактивного загрязнения / Л.А. Воробьева, В.Б. Корнев, В.М. Никифоров и др. // *Агрехимический вестник*. 2019. № 3. С. 45-48.
9. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России: коллектив. монография / Н.М. Белоус, Г.П. Малявко, В.В. Мамеев и др. В 2 ч. Ч. 1. Современное состояние. Брянск, 2020.

#### Информация об авторах:

**Н.В. Милехина** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, milekhina\_74@mail.ru.

**В.В. Дьяченко** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**И.Д. Сазонова** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

#### Information about the authors:

**N.V. Milyekhina** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, milekhina\_74@mail.ru.

**V.V. D'yachenko** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

**I.D. Sazonova** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 05.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 28.11.2023.**

**The article was submitted 05.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.**

© Милехина Н.В., Дьяченко В.В., Сазонова И.Д.

Научная статья

УДК 633.31/37:631.2:631.438

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-48-51

## УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВосмЕСЕЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ УГОДЬЯХ

<sup>1</sup>Людмила Петровна Харкевич, <sup>1</sup>Дмитрий Михайлович Ситнов,<sup>1</sup>Василий Николаевич Адамко, <sup>2</sup>Светлана Николаевна Поцепай<sup>1</sup>Новozyбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,

Брянская область, Опытная станция, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В полевом стационарном опыте Новozyбковской СХОС изучено влияние калийных удобрений на урожайность и качество однолетних травосмесей люпина желтого с овсом, суданской травой и просом и снижение содержания <sup>137</sup>Cs в продукции. Установлено, что более высоким уровнем урожайности зеленой массы отличалась травосмесь люпин + просо, составляя в среднем 24,2 т/га при внесении калийного удобрения в дозе 240 кг/га. Содержание сырого протеина в зеленой массе люпино-просяной травосмеси в среднем составляло 13,29% при внесении калийного удобрения в дозе 240 кг/га. Самое высокое содержание <sup>137</sup>Cs отмечено в контрольном варианте независимо от вида травосмеси. Калийные удобрения снижали поступление радионуклида в урожай. Получение нормативно чистых кормов травосмесей на основе люпина желтого – овса 105 БК/кг, люпина желтого – суданской травы 217 БК/кг, люпина желтого – проса 2190 БК/кг обеспечивается применением калийного удобрения в дозе К180.

**Ключевые слова:** урожайность, травосмесь, люпин, овес, просо, суданская трава, сырой протеин, <sup>137</sup>Cs.

**Для цитирования:** Урожайность и качество бобово-злаковых травосмесей при выращивании на радиоактивно загрязненных угодьях / Л.П. Харкевич, Д.М. Ситнов, В.Н. Адамко, С.Н. Поцепай // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 48-51. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-48-51>.

Original article

## YIELD AND QUALITY OF LEGUME-CEREAL GRASS MIXTURES WHEN GROWN ON RADIOACTIVELY CONTAMINATED LAND

<sup>1</sup>Ludmila P. Rharkevich, <sup>1</sup>Dmitry M. Sitnov, <sup>1</sup>Vasili N. Adamko, <sup>2</sup>Svetlana N. Potsepai<sup>1</sup>Novozybkov AES –the branch of FSC «All-Russia Williams Fodder Research Institute»,

Bryansk Region, Experimental Station Russia

<sup>2</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** In a stationary field experiment at the Novozybkov Agricultural Complex, the effect of potassium fertilizers on the yields and quality of annual grass mixtures of yellow lupine with oats, Sudanese grass and millet and the reduction in the content of <sup>137</sup>Cs in products was studied. It was found that the lupine + millet grass mixture had a higher level of green mass yield, averaging 24.2 t/ha when potassium fertilizer was applied at a dose of 240 kg/ha. The content of crude protein in the green mass of the lupino-millet grass mixture averaged 13.29% when potassium fertilizer was applied at a dose of 240 kg/ha. The highest <sup>137</sup>Cs content was observed in the control variant, regardless of the type of grass mixture. Potassium fertilizers reduced the entry of radionuclide into the crop. The production of normatively pure feed mixtures based on yellow lupine - oats 105 BC/kg, yellow lupine - Sudan grass 217 BC/kg, yellow lupine - millet 2190 BC/kg is ensured by the use of potassium fertilizer at a dose of K180.

**Keywords:** yields, grass mixture, lupin, oats, millet, sudanese grass, crude protein, <sup>137</sup>Cs.

**For citation:** Rharkevich L.P., Sitnov D.M., Adamko V.N., Potsepai S.N. Yield and quality of legume-cereal grass mixtures when grown on radioactively contaminated land. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 48-51 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-48-51>.

**Введение.** Производительность животноводства зависит от наличия кормовой базы с правильным сбалансированным питанием сельскохозяйственных животных. Дефицит растительного белка является одной из главных проблем сельскохозяйственного производства [1, 2]. Увеличение площадей посева многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей позволит обеспечить производство кормового белка высокого качества.

В перспективе развития полевого кормопроизводства в России доля бобовых культур в травосмесях может быть доведена до 50%. Это позволит значительно сократить дефицит белка в кормах [3, 4]. Наиболее простым способом получения сбалансированного по питательности корма для сельскохозяйственных животных является выращивание бобовых и злаковых культур в смешанных посевах [5].

Возделывание смешанных посевов люпина со злаковыми культурами является одним из перспективных направлений растениеводства. Это имеет важное значение в условиях дефицита

ресурсов. Выращивание люпина в смеси со злаковыми культурами оказывает взаимное влияние на компоненты растительного сообщества, а правильный выбор соотношения компонентов в травосмесях позволяет не только повысить урожайность без увеличения доз удобрений, но и способствует улучшению фитосанитарного состояния посевов [5, 6], а также влияет на минеральное питание и химический состав возделываемых культур, физико-химических свойства почвы, что в конечном итоге приводит к повышению продуктивности агрофитоценозов.

На дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах травосмеси люпина с зерновыми культурами имеют явное преимущество, так как люпин за счет азотфиксации улучшает минеральное питание злакового компонента агроценоза, а за счет накопления в почве биологически фиксированного азота улучшает ее плодородие [5, 7].

В результате аварии на Чернобыльской АЭС обширные территории юго-западных районов Брянской области оказались загрязненными долгоживущими радионуклидами [8]. В этих условиях важно получение продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам. Применение калийных удобрений является одним из агрохимических приемов, способствующих снижению накопления радионуклидов в продукции [9].

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились на опытном поле Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции на дерново-подзолистой песчаной почве. Содержание органического вещества в пахотном слое почвы – 1,3-1,5%,  $pH_{KCl}$  – 5,3, сумма поглощенных оснований – 2,2 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного  $P_2O_5$  и обменного  $K_2O$  (по Кирсанову) – 35,7 и 10,8 мг/100 г почвы соответственно. Плотность загрязнения опытного участка 850 кБк/м<sup>2</sup> (22,9 Ки/км<sup>2</sup>).

В опыте изучалась травосмесь желтого люпина - сорт Новозыбковский 100 с овсом - сорт Скакун, суданской травой сорт Кинельская 100 и просом – сорт Квартет. Норма высева люпина желтого 1,0 млн. шт. семян на 1 га, овса – 3,5 млн.шт. на 1 га, суданской травы – 2,0 млн. шт. на 1 га, проса – 3,0 млн. шт. семян на 1 га. Общая площадь опытной делянки 30 м<sup>2</sup>, учетная – 10 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная. Изучение продуктивности травосмесей проводилось на следующих вариантах: 1. Без удобрений; 2. К180; 3. К240. Форма калийных удобрений – калий хлористый (56%  $K_2O$ ).

Учет урожая травосмесей проводили в фазу сизо-блестящего боба люпина желтого.

Полевые и лабораторные исследования проводились по общепринятым методикам [10 - 12]. Определение содержания <sup>137</sup>Cs проводили на УСК «Гамма плюс» с программным обеспечением «Прогресс-2000».

Метеорологические условия вегетационных периодов в годы проведения исследований отличались по увлажнению и температурному режиму.

**Результаты и их обсуждение.** На урожайность зеленой массы смешанных посевов люпина со злаковыми травами в опыте оказали влияние метеорологические условия вегетационных периодов в годы исследований и дозы удобрений (табл. 1). Урожайность зеленой массы люпино-овсяной травосмеси в среднем за 4 года на контроле составила 18,2 т/га, К<sub>180</sub> – 18,6 т/га, К<sub>240</sub> – 19,3 т/га.

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы бобово-злаковых травосмесей, т/га

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее	Прибавка к контр.
люпин + овес						
Контроль	20,4	19,7	17,8	14,7	18,2	-
К180	21,0	20,2	18,2	15,1	18,6	0,4
К240	21,5	21,0	18,9	15,7	19,3	1,1
люпин + суданская трава						
Контроль	22,7	21,0	18,9	15,7	19,6	-
К180	23,6	22,4	20,2	16,7	20,7	1,1
К240	24,2	23,6	21,3	21,3	22,6	2,1
люпин + просо						
Контроль	23,9	22,0	19,8	16,5	20,6	-
К180	26,3	24,2	21,8	18,1	22,6	2,0
К240	27,5	26,2	23,6	19,5	24,2	3,6

**Примечание:** НСР<sub>05</sub> – 0,9 т/га, НСР<sub>05</sub> А(травосмесь) – 0,5 т/га, НСР<sub>05</sub>В (удобрения) – 0,5 т/га

Урожайность травосмеси люпина с суданской травой была несколько выше по сравнению с люпино-овсяной смесью, разница составила 1,4 – 3,3 т/га в зависимости от варианта. Самая высокая урожайность травосмеси люпин + суданская трава получена в варианте с внесением калия в дозе 240 кг/га – 22,6 т/га.

Среди изучаемых смесей люпина со злаковыми культурами наиболее урожайной в среднем за 4 года оказалась смесь люпина с просом. Урожайность составила 20,6 – 24,2 т/га, разница по отношению к люпино-овсяной травосмеси составили 2,4 – 4,9 т/га, по отношению к травосмеси люпин + суданская трава 1,0 – 1,6 т/га.

Содержание сырого протеина в люпино-злаковых травосмесях в среднем за годы исследований колебалось от 10,63% до 13,29% (табл. 2). Более низкие значения этого показателя отмечены у смеси люпина с суданской травой – 10,63 – 12,30%.

Наибольшим содержанием сырого протеина характеризовалась смесь люпина с просом – 12,35 – 13,29% в зависимости от варианта. Внесение калийных удобрений увеличивало содержание сырого протеина в зеленой массе бобово-злаковых травосмесей.

Наиболее высокие показатели сырого жира отмечены в смеси люпина с овсом 2,08-2,54%, сырой клетчатки у люпина + суданская трава 28,41-29,02%. Самый высокий выход обменной энергии в опыте отмечен у травосмеси люпин + просо, самый низкий – у травосмеси люпин + овес – 39,30 – 46,53% и 36,00 – 38,05% соответственно в зависимости от варианта.

Таблица 2 – Качественные показатели зеленой массы бобово-злаковых травосмесей (среднее за 2019 – 2022 гг.)

Вариант	Сырой протеин, %	Сырой жир, %	Сырая клетчатка, %	Выход обменной энергии, ГДж/га	<sup>137</sup> Cs, Бк/кг* (воздушно-сухая масса)
люпин + овес					
Контроль	12,19	2,54	25,97	36,00	287
K180	12,47	2,25	25,40	36,63	167
K240	12,86	2,08	26,13	38,05	105
люпин + суданская трава					
Контроль	10,63	1,96	28,41	38,63	394
K180	11,11	1,28	28,99	40,13	299
K240	12,30	1,38	29,02	42,05	217
люпин + просо					
Контроль	12,35	1,46	27,20	39,30	308
K180	12,72	1,75	26,75	43,70	266
K240	13,29	1,72	26,61	46,53	219

**Примечание:** \* Допустимый уровень для грубых кормов – 400 Бк/кг, ВП 13.5. 13/06-01

В условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий важным показателем качества производимой продукции является экологическая безопасность. Поэтому основной задачей, которую приходится решать сельхозпроизводителям в этой ситуации, является производство продукции, отвечающей нормативам по содержанию в ней радионуклидов. Одновидовые посевы желтого люпина, как бобовой культуры, отличаются повышенным накоплением радиоцезия, значительно превышающие норматив по содержанию в 400 Бк/кг. Выращивание люпина в смесях со злаковыми культурами позволяет значительно сократить содержание <sup>137</sup>Cs в получаемом корме и уложиться в допустимый уровень (табл. 2). Калийные удобрения способствовали дальнейшему снижению накопления радионуклида в зеленой массе бобово-злаковых трав. Самые высокие значения удельной активности отмечены в контрольном варианте по всем видам используемых травосмесей. Более низким содержанием <sup>137</sup>Cs в зеленой массе характеризовалась травосмесь люпин + овес, более высоким – травосмесь люпин + суданская трава. Внесение калия в дозе 180 кг/га снижало содержание цезия-137 в люпино-овсяной травосмеси в 1,7 раз, в дозе 240 кг/га – в 2,7 раз по отношению к контролю, в травосмеси люпин + суданская трава – в 1,3 – 1,8 раз, в травосмеси люпин + просо – в 1,2 – 1,4 раз соответственно.

**Выводы.** Среди изученных в опыте бобово-злаковых травосмесей преимущество по уровню урожайности имела травосмесь люпин + просо. Наибольшая урожайность зеленой массы в опыте получена в варианте с внесением калия в дозе 240 кг/га независимо от вида травосмеси. На показатели качества зеленой массы оказывали влияние, как калийные удоб-

рения, так вид подсевной культуры, используемой в смеси с люпином желтым. Более высоким содержанием сырого протеина и выхода обменной энергии характеризовалась травосмесь люпин + просо. Благодаря выращиванию люпина со злаковыми травами, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе не превышало допустимый уровень в 400 Бк/кг, а внесение калийных удобрений способствовало дальнейшему снижению данного показателя.

#### Список источников

1. Оценка сортов люпина узколистного по урожайности и адаптивности в условиях Кировской области / А.П. Кислицына, Ф.А. Попов, Е.В. Светлакова, А.Ю. Софронова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (2). С. 267-275.
2. Иванов Ю.И. Эффективность возделывания люпино-злаковых травосмесей в условиях радиоактивного загрязнения // Вестник РУДН. Сер. Агрономия и животноводство. 2015. № 3. С. 37–46.
3. Исаков А.Н., Лукашов В.Н. Внедрение энергосберегающих технологий – основа совершенствования кормопроизводства Калужской области // Кормопроизводство. 2011. № 6. С. 3-5.
4. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании: теория и практика. М.: Типография Россельхозакадемии, 2014. 135 с.
5. Алексеева А.С. Оптимизация смешанных посевов люпина с зерновыми культурами в условиях Северо-Западного региона России: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Немчиновка, 2008. 20 с.
6. Слесарева Т.Н., Такунов И.П., Новиков М.Н. Люпино-злаковые посевы – перспективное направление в земледелии // Земледелие. 2010. № 4. С. 7-9.
7. Белоус И.Н., Смольский Е.В., Яговенко Г.Л. Биоэнергетическая оценка выращивания люпина в севооборотах различного назначения // Зерновое хозяйство России. 2011. № 5 (17). С. 63-68.
8. Белоус Н.М. Социально-экономическое развитие районов Брянской области, пострадавшей от Чернобыльской катастрофы // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 4. С. 41-48.
9. Накопление тяжелых металлов и радионуклидов в зеленой массе люпина узколистного при использовании средств химизации / Г.П. Малявко, Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, П.Ю. Лищенко // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 11. С. 21-24.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
11. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. М.: Колос, 1985.
12. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. М.: ВИУА, 1975. 167 с.; Ч. 2. М.: ВИУА, 1983. 171 с.; Ч. 3. М.: ВИУА, 1985. 131 с.
13. Влияние азотной подкормки и борофоски на урожайность люцерно-мятликовой травосмеси на серых лесных почвах Центрального региона / В.В. Дьяченко, С.С. Седова, Н.И. Козловская, О.А. Зайцева // Вестник Курской ГСХА. 2020. № 1. С. 38-43.
14. Природные ресурсы растениеводства западной части европейской России: коллектив. монография / Н.М. Белоус, Г.П. Малявко, В.В. Мамеев и др. В 2 ч. Ч. 1. Современное состояние. Брянск, 2020.

#### Информация об авторах:

**Л.П. Харкевич** – ведущий научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», доктор сельскохозяйственных наук

**Д.М. Ситнов** – ведущий научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»

**В.Н. Адамко** – исполняющий обязанности директора, Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», кандидат сельскохозяйственных наук

**С.Н. Поцепай** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Института экономики и агробизнеса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, snpotsepai@yandex.ru

#### Information about the authors:

**L.P. Harkevich** – Leading Researcher at the Laboratory of Feed Production, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Doctor of Agricultural Sciences

**D.M. Sitnov** – Leading researcher at the Laboratory of feed Production, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

**V.N. Adamko** – Acting Director, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Candidate of Agricultural Sciences

**S.N. Potsepai** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Institute of Economics and Agribusiness, Bryansk State Agrarian University, snpotsepai@yandex.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 22.09.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 28.11.2023.**

**The article was submitted 22.09.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 28.11.2023.**

© Харкевич Л.П., Ситнов Д.М., Адамко В.Н., Поцепай С.Н.

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ**  
**ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE**

Научная статья  
УДК 636.52/58.087.7

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-52-56

**ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДКИСЛИТЕЛЯ  
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

**Анна Георгиевна Менякина, Леонид Никифорович Гамко, Анна Игоревна Строченова**  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты научно-хозяйственного опыта по выпаиванию аскорбиновой кислоты в качестве подкислителя воды цыплятам-бройлерам на птицеводческом предприятии в Брянской области. Авторы отмечают, что особое влияние на производство мяса бройлера оказывают следующие факторы: количество потребленного корма, качество корма и добавки, сохранность поголовья птицы, зооигиенические параметры содержания. При этом сравнительный анализ полученных зоотехнических и экономических критериев бройлерного производства с применением подкислителя и без него показал, что среднее значение живой массы бройлеров в опытной группе в конце периода выращивания превосходило контрольные аналоги за счет их больших среднесуточных приростов (на 6,2 %), что обусловлено влиянием выпойкой аскорбиновой кислоты. При этом сохранность поголовья в разрезе первых трех периодов выращивания у цыплят опытной группы превышала таковой на 0,34% в первом, на 0,29% во втором, на 0,3% в третьем периоде, а в целом за весь период была выше на 2,5%. Более высокая сохранность бройлеров к концу периода выращивания обеспечила получение сверх контроля получение 300 голов птицы, что неминуемо отразилось в более эффективных экономических критериях производительности. Расчетными показателями эффективности использования подкислителя (аскорбиновой кислоты) при выращивании подопытных цыплят-бройлеров в нашем эксперименте стали - европейский индекс продуктивности, коэффициент конверсии корма и Европейский индекс производительности. По нашим данным, полученным в опыте все эти показатели были значительно лучше в опытной группе: европейский индекс продуктивности больше на 58, коэффициент конверсии корма на 0,11, европейский индекс производительности на 48,44.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, подкислитель, суточные приросты цыплят-бройлеров, сохранность цыплят, кросс Cobb-500.

**Для цитирования:** Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Показатели эффективности использования подкислителя при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 52-56. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-52-56>.

**Original article**

**EFFICIENCY INDICATORS OF USING ACIDIFIER  
WHEN RAISING BROILER CHICKENS**

**Anna G. Menyakina, Leonid N. Gamko, Anna I. Strochenova**  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** The article presents the results of scientific and economic experience in watering broiler chickens with ascorbic acid as a water acidifier at a poultry-breeding enterprise in the Bryansk region. The authors point out that the following factors have a special impact on the broiler meat production: the amount of consumed feed, the quality of feed and additives, the livability of poultry population, zoohygenic parameters of keeping. At the same time, a comparative analysis of the obtained zootechnical and economic criteria for broiler production with and without acidifier showed that the average live weight of broilers in the experimental group at the end of the growing period exceeded control analogues due to their large average daily gain (by 6.2%), due to the influence of watering with ascorbic acid. Moreover the livability of poultry population in the context of the first three periods of rearing chickens of the experimental group exceeded that one by 0.34% in the first, by 0.29% in the second, by 0.3% in the third periods, and in general it was higher by 2.5% for the entire period. The higher livability of broilers by the end of the rearing period ensured that 300 poultry heads were obtained over control, which inevitably reflected in more effective economic criteria for productivity. The calculated indicators of the efficiency of using acidifier (ascorbic acid) in rearing experimental broiler chickens in our experiment were the European Productiveness Index, feed conversion ratio and the European Productivity Index. According to our data obtained in the experiment, all these indicators were significantly better in the experimental group: the European Productiveness Index was 58 more, the feed conversion ratio was 0.11, the European Productivity Index was 48.44.

**Keywords:** broiler chickens, acidifier, daily gains of broiler chickens, chicken livability, Cobb-500 cross.

**For citation:** Menyakina A.G., Gamko L.N., Strochenova A.I. Efficiency indicators of using acidifier when raising broiler chickens. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 52-56 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-52-56>.

**Введение.** Эффективность бройлерного производства обусловлена многими факторами, но такие показатели как скорость роста и сохранность цыплят-бройлеров на всех этапах выращивания имеет принципиальное значение. Технологический стресс и ряд неблагоприятных внешних факторов, воздействующих на птицу, постоянно побуждает изыскивать пути активации как иммунной защиты, так и способов, способствующих наиболее полной реализации имеющегося генетического потенциала продуктивности бройлеров. Одним из примеров зарекомендованных методов является применение подкислителей воды в системе поения. Нормализация биоты кишечника за счет подавления патогенных микроорганизмов способствует оптимизации процессов пищеварения, более полному усвоению питательных веществ с поступившим рационом, и в конечном итоге, проявлению антистрессового эффекта [1-13].

В условиях АО КЦ Брянский филиал, как и в других передовых птицеводческих предприятиях, активно ведется поиск эффективных подкислителей, а их сравнительный анализ позволяет сделать наиболее выгодную их ротацию. Целью нашего исследования был анализ показателей эффективности использования аскорбиновой кислоты в качестве подкислителя, основанный на полученных в эксперименте зоотехнических и экономических показателей продуктивности цыплят-бройлеров.

**Материалы и методы.** Объектом исследований стали цыплята-бройлеры (кросс Cobb-500), содержащихся в двух цехах, которые были определены нами как контрольная и опытная группа птицы. Первая группа цыплят бройлеров являлась контрольной, вторая – опытная, которой выпаивали подкислитель – аскорбиновую кислоту, (материал наших исследований). Выпаивание аскорбиновой кислоты производилось с 31 по 39 день выращивания цыплят-бройлеров из расчета 0,4 кг на 1 тонну воды. Вода подавалась из накопительной емкости по системе водопровода в птичник, оборудованный нипельной системой поения. Ежедневно вели учет записи расхода подкислителя, который выпаивали ежедневно, через дозирующее устройство DOZATRON, готовый раствор использовался не более суток.

Птица в обеих группах получала в соответствующие возрастные периоды полнорационные комбикорма, детализированные по содержанию обменной энергии и элементам питания, согласно существующим нормам по следующей общепринятой схеме: в возрасте 0-14 дней – ПК -5 – 1; 15-24 дней ПК – 5 – 2; 25 – 30 дней, ПК – 6 – 1; 30 – 37 дней, ПК – 6 – 2. Скармливаемые комбикорма были приготовлены в АО КЦ Брянский филиал (Почепский комбикормовый завод). Кормление птицы осуществляется через бункера, емкостью 18 тонн шнекового типа и проводится с учетом периодов выращивания комбикормами: предстартер, старт, рост, Финишер-1, Финишер-2. Схема научно-хозяйственного опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	
I - контрольная	II - опытная
Поголовье, гол.	
25000	25300
Различия кормового фактора в опыте	
Комбикорм КПЗ – Почеп (рецептура по периодам выращивания)	Комбикорм КПЗ –Почеп (рецептура по периодам выращивания) + аскорбиновая кислота 0,4 кг на 1 тонну воды

Контрольное взвешивание производили в возрасте 7,21 и 37 дней перед убоем по 20 голов из каждой группы. На заключительном этапе эксперимента, с учетом всех видов затрат на произведенную продукцию, нами был проведен расчет экономической эффективности выращивания цыплят бройлеров.

**Результаты и их обсуждение.** Известно, что продуктивность птицы зависит от параметров микроклимата, технологии содержания, кросса и возраста птицы, но решающее влияние оказывают факторы кормления и зоогигиенические параметры. Генетически современный кросс мясной птицы Cobb-500 обладает высокой скороспелостью роста. В соответствии с этим рационы разрабатывают так, чтобы компонентный состав обеспечивал организм энергией и питательными веществами. Питательная ценность скармливаемого комбикорма и рецептура выпаиваемого подкислителя обеспечила получение следующих продуктивных показателей у цыплят-бройлеров, отображенных в таблице 2 [11].

Таблица 2 - Данные об изменении живой массы и среднесуточных приростов по периодам выращивания цыплят бройлеров

Показатель	Период выращивания, суток	I – контрольная	II – опытная
Количество голов при посадке, гол.	0 - 14	25000	25300
Живая масса цыплят при посадке, гр.		42	41
Живая масса цыплят в конце периода, гр.		516	510
Среднесуточный прирост, гр.		33,9	33,5
Сохранность цыплят в конце периода, %		98,76	99,1
Количество голов на начало периода выращивания, гол.	15 - 24	24690	25072
Живая масса цыплят в конце периода, гр.		956	967
Среднесуточный прирост, гр.		38,1	38,6
Сохранность цыплят в конце периода, %		97,81	98,1
Количество голов на начало периода выращивания, гол.	25 - 30	24149	24596
Живая масса цыплят в конце периода, гр.		1581	1573
Среднесуточный прирост, гр.		51,3	51,1
Сохранность цыплят в конце периода, %		97,80	98,1
Количество голов на начало периода выращивания, гол.	31 – 37	23603	24546
Живая масса цыплят в конце периода, гр.		2299	2438
Среднесуточный прирост, гр.		61,0	64,8
Количество голов на конец периода выращивания, гол.		23526	24437
Сохранность цыплят в конце периода, %		97,7	99,8
Сохранность цыплят за период (0-37 дней), %		94,1	96,6
Затраты корма на 1 гол, кг		3,34	3,37
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы, кг		1,45	1,38

Анализ полученных результатов данные, свидетельствует, что цыплята бройлеры в течении первых трех периодов выращивания в обеих группах по показателю среднесуточного прироста отличались не значительно, так как кормовой фактор у них был идентичен. Показатель сохранности поголовья в разрезе первых трех периодов у цыплят опытной группы превышал таковой на 0,34% в первом, на 0,29% во втором, на 0,3% в третьем периоде, что, по нашему мнению, скорее всего было обусловлено паротипическими факторами. Более существенные изменения учитываемых показателей очевидны на заключительном этапе откорма цыплят-бройлеров. Так, средняя живая масса цыплят в опытной группе в конце периода выращивания была больше на 139 грамм, чем у контрольных аналогов, так как среднесуточный прирост был больше на 6,2 %, что обусловлено влиянием выпойкой аскорбиновой кислоты. Показатель сохранности на заключительном периоде выращивания был выше на 2,1 %, что подтверждает положительное влияние подкислителя на иммунный статус птицы в целом. За счет более высокой сохранности птицы в опытной группе на заключительном этапе (31-37 дней) общий его показатель за весь период выращивания был выше на 2,5 %, что дало численное преимущество поголовья цыплят бройлеров к убою.

По окончании эксперимента получив данные о живой массе, сохранности поголовья и затратах кормов за весь учетный период, мы в качестве показателя экономической эффективности использования аскорбиновой кислоты в качестве подкислителя воды при выращивании цыплят-бройлеров рассчитали европейский индекс продуктивности. Помимо этого нами был произведен расчёт таких критериев как FCR (коэффициент конверсии) и EPEF (Европейский индекс производительности).

Ключевым фактором при расчете показателя FCR являются количество затраченного корма (комбикорма) и объем полученной продукции. Необходимо отметить, что такие показатели, как процент сохранности поголовья, средний возраст убоя, средняя масса тела, влияя напрямую, все же опосредованно воздействует на показатель конверсии корма (FCR). А значит, чем ниже будет его значение, тем птица эффективнее трансформирует питательные вещества корма в свою продукцию, что предпочтительнее для производства.

Практика показала, что оценивая продуктивность бройлеров по результатам конверсии корма (FCR) такие показатели, как живая масса, возраст убоя и процент сохранности поголовья, не учитывались при расчете. При сравнительном анализе этих показателей ученые

пришли к выводу, что последние два показателя весьма значимы для расчета эффективности выращивания бройлеров и принимая это во внимание, появился ЕРЕФ.

Анализируя экономическую эффективность выращивания бройлеров нужно учесть, что чем выше будет получено значение ЕРЕФ при производстве, тем лучше оценивается соответственно производительность.

Показатели эффективности выращивания цыплят-бройлеров отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели эффективности выращивания цыплят-бройлеров при использовании аскорбиновой кислоты в качестве подкислителя воды

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Европейский индекс продуктивности (ЕИП)	403,24	461,24
Коэффициент конверсии (FCR)	1,61	1,50
Европейский индекс производительности (ЕРЕФ)	364,17	412,61

Анализ полученных данных об эффективности использования подкислителя, свидетельствует о том, что все расчётные показатели были значительно лучше в опытной группе.

**Выводы.** Показатель среднесуточного прироста на заключительном этапе выращивания цыплят-бройлеров был выше на 3,8 грамма в опытной группе, показатель сохранности в этот период выращивания на 2,1 % больше, что подтверждает положительное влияние подкислителя на иммунный статус птицы в целом. За счет более высокой сохранности птицы в опытной группе на заключительном этапе (31-37 дней) общий его показатель за весь период выращивания был выше на 2,5 %, что дало численное преимущество поголовья цыплят бройлеров к убою.

Показатели эффективности выращивания цыплят-бройлеров были значительно выше в опытной группе: европейский индекс продуктивности больше на 58, коэффициент конверсии корма на 0,11, европейский индекс производительности на 48,44.

#### Список источников

1. Матросова Ю.В., Овчинников А.А., Нугуманова К.А. Сравнительная эффективность использования различных подкислителей в рационах цыплят-бройлеров при продленном сроке выращивания // Птицеводство. 2022. № 6. С. 27-31.
2. Правильный выбор подкислителей - надежный результат / Е.Н. Малыхин, Л.С. Хошафян, Д.Е. Аносов, С.Г. Дорофеева // Птицеводство. 2022. № 5. С. 33-35.
3. Гамко Л.Н., Таринская Т.А. Продуктивность использования азота и качество мясной продукции цыплят-бройлеров при выпаивании им воды с подкислителем «Велегард» // Аграрная наука. 2018. № 7-8. С. 29-31.
4. Таксономическое разнообразие микроорганизмов, обитающих в подстилке из-под цыплят-бройлеров при промышленном выращивании / Д.Н. Агабалаев, М.А. Григорьева, И.В. Пак, А.И. Юрчишен // Зоотехния. 2023. № 4. С. 32-36.
5. Малородов В.В. Продуктивность бройлеров зарубежных кроссов в условиях оптимизированного микроклимата // Зоотехния. 2022. № 7. С. 24-26.
6. Влияние биологически активных препаратов на мясную продуктивность цыплят-бройлеров / В.А. Злепкин, В.В. Саломатин, А.А. Ряднов и др. // Зоотехния. 2022. № 6. С. 26-28.
7. Мясные качества цыплят-бройлеров при использовании в кормлении экстракта из древесины сладкого каштана / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, А.С. Заикина и др. // Зоотехния. 2022. № 1. С. 20-24.
8. Альтернативное решение по снижению применения в птицеводстве антибактериальных препаратов за счет коррекции микробиоты кишечника птицы / О.В. Молоканова, В.Н. Куркин, Л.С. Хошафян, С.Г. Дорофеева // Птицеводство. 2023. № 3. С. 29-32.
9. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Карпунин В.А. Фармакологические аспекты применение подкислителей воды при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 4 (80). С. 24-30.
10. Кормовая добавка на основе гуматов для повышения мясных качеств сельскохозяйственной птицы / В.Е. Подольников и др. // Зоотехния. 2021. № 4. С. 8-12.
11. Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Эффективность скармливания цыплятам-бройлерам комбикормов с разной рецептурой // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 3 (91). С. 24-31.
12. Зерно кукурузы в составе комбикормов для цыплят-бройлеров / В.Е. Подольников и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 1 (89). С. 53-59.
13. Адельгейм Е.Е., Шепелев С.И. Оценка эффективности замены кормов при выращивании цыплят-бройлеров кросса "КОББ-500" // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 12-1 (78). С. 200-205.
14. Васькин В.Ф., Кузьмицкая А.А., Коростелева О.Н. Современные подходы к организации эффективного и экологически чистого производства в птицеводстве // Управленческий учет. 2020. № 2. С. 24-29.

**Информация об авторах:**

**А.Г. Менякина** - доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Л.Н. Гамко** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**А.И. Строченова** – магистр, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Information about the authors:**

**A.G. Menyakina** - Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**L.N. Gamko** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**E.E. Sysoeva** - master, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 15.11.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023.**

**The article was submitted 15.11.2023; approved after reviewing 27.11.2023; accepted for publication 30.11.2023**

© Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И.

**ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ  
ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ****Елена Александровна Лемеш, Андрей Николаевич Гулаков, Сергей Иванович Шепелев**  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Одним из наиболее перспективных путей использования полезных форм микроорганизмов в животноводстве является применение пробиотических препаратов как альтернативы кормовым антибиотикам. Микроорганизмы, входящие в состав пробиотических препаратов, сочетают высокую энергию роста с синтезом значительных объемов питательных и биологически активных веществ, что улучшает обменные процессы, рост и продуктивность животных. В статье представлены экспериментальные данные по использованию кормовой добавки «Битацел» в составе рациона лактирующих коров и влиянии ее на показатели молочной продуктивности. Кормовая добавка «Битацел», вносимая с кормами основного суточного рациона из расчета 100 г на голову способствовала увеличению валового надоя молока на 176 кг у дойных коров опытной группы в сравнении с интактными животными контрольной группы. Так же отмечалось превосходство показателей - содержание массовой доли жира и сухих веществ в молоке лактирующих коров, получавших кормовую добавку «Битацел» в указанной дозировке. Использование в составе рациона лактирующим коровам кормосмеси с добавкой «Битацел» в количестве 100 г на голову в сутки способствовало снижению затрат энергетических кормовых единиц на 1 кг молока на 2,0% в сравнении с контрольной группой.

**Ключевые слова:** кормовая добавка, продуктивность, рацион, жир, белок.

**Для цитирования:** Лемеш Е.А., Гулаков А.Н., Шепелев С.И. Влияние кормовой добавки на показатели продуктивности лактирующих коров // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 57-60. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-57-60>.

**Original article****THE EFFECT OF FEED ADDITIVE ON THE PRODUCTIVITY OF LACTATING COWS****Elena A. Lemesh, Andrey N. Gulakov, Sergey I. Shepelev**  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** One of the most promising ways to use beneficial forms of microorganisms in animal husbandry is the use of probiotic preparations as an alternative to feed antibiotics. The microorganisms included in probiotic preparations combine high growth energy with the synthesis of significant volumes of nutrients and biologically active substances, which improves metabolic processes, growth and productivity of animals. The article presents experimental data on the use of the feed additive "Bitacel" as part of the diet of lactating cows and its effect on milk productivity. The feed additive "Bitacel" added with the feed of the main daily ration at the rate of 100 g per head, contributed to an increase in gross milk yield by 176 kg in dairy cows of the experimental group in comparison with intact animals of the control group. The superiority of indicators - the content of the mass fraction of fat and dry substances in the milk of lactating cows that received the Bitacel feed additive in the specified dosage was also noted. The use of a feed mixture with the additive "Bitacel" in the diet of lactating cows in an amount of 100 g per head per day contributed to a reduction in the cost of energy feed units per 1 kg of milk by 2.0% compared to the control group.

**Keywords:** feed additive, productivity, diet, fat, protein.

**For citation:** Lemesh E.A., Gulakov A.N., Shepelev S.I. The effect of feed additive on the productivity of lactating cows. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 57-60 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-57-60>.

**Введение.** Для реализации генетического потенциала высокопродуктивных коров необходим особый подход к оптимизации условий кормления [1]. Так как животные очень чувствительны даже к незначительному дефициту отдельных элементов [1] питательных веществ, особенно важно учитывать систему кормления животных. При грамотной организации и сбалансированности рационов по основным питательным веществам от животных можно получить такое количество молока, которое генетически в них заложено [2,3].

При этом необходимо учитывать, что рост показателя молочной продуктивности приводит к снижению воспроизводительной функции – низкой оплодотворяемости, удлинению сервис-периода и т. д. [4].

Такие нарушения возникают в следствии продолжительного использования рационов несоответствующих основным нормам потребления основных нутриентов лактирующими коровами, и способствует израсходованию их из резервов организма – так называемое «сдаивание с тела», что в свою очередь приводит к снижению обменных процессов, перераспределению обменной энергии на продуктивные и непродуктивные цели [5].

На организм животных оказывает влияние целый ряд токсикантов, которые влияют на функционирование жизненно важных систем организма: увеличение случаев стрессовых ситуаций у животных, бесконтрольное применение химиотерапевтических препаратов, особенно антибиотиков.

Для повышения эффективности использования кормов и лучшей трансформации питательных веществ в продукцию, что отражается в ее увеличении, а также сохранения здоровья животных, в настоящее время ученые рекомендуют активно использовать в составе кормовых рационов лактирующих коров различных препаратов пробиотического действия [6,7,8]. Культуры, соответствующие составу пробиотических препаратов обладают комбинированным действием, сочетая способность более эффективного использования обменной энергии за счет оптимизации обменных процессов в организме животных, стимулирующих рост молочной продуктивности. В процессе своей жизнедеятельности пробиотические микроорганизмы могут повышать иммунную защиту организма животных, угнетая рост патогенных бактерий, а так же способствовали усвоению питательных веществ корма [6,7,8].

**Цель исследований** - изучить эффективность кормовой добавки «Битацел», включенной в рацион лактирующих коров, на изменение среднесуточных удоев и качественных показателей молока.

**Материалы и методы исследований.** Для решения поставленной цели на лактирующих коровах голштинской чёрно-пёстрой породы был проведен научно-хозяйственный опыт с включением в состав рациона кормовой добавки «Битацел».

Опыт проводился в течение 30 суток, отбор животных проводился по методу аналогов, с учетом возраста, живой массы, продуктивности за предыдущую лактацию и времени отела. В соответствие со схемой опыта, первая группа являлась контрольной и получала только корма основного рациона принятого в хозяйстве. Вторая – опытная группа коров дополнительно к основному рациону получала кормовую добавку «Битацел» из расчета 100,0 г добавки на 1 голову в сутки. Кормовую добавку «Битацел» скармливали животным 1 раз в сутки по 100 г/гол вместе с кормами основного рациона.

В качестве основного рациона подопытные животные получали силос кукурузный, сенаж злаково-бобовый, сено злаково-разнотравное, жмых рапсовый, патока кормовая, смесь концентратов, соль поваренная. Опытная группа животных получала те же корма, но дополнительно к основному рациону она получала кормовую добавку, в количестве 100 г на голову в сутки.

Учёт молочной продуктивности коров в период опыта проводили по контрольным дойкам. Определение учитываемых качественных показателей молока (табл. 2), вели в соответствии с принятыми методиками используя анализатор качества молока «Лактан 1-4».

**Результаты и их обсуждение.** Эффективное использование кормов возможно при содержании в 1 кг сухого вещества объемистых кормов не менее 10,0-10,2 МДж обменной энергии и 14-16% сырого протеина, концентрированных не менее 11,4-11,6 МДж обменной энергии и 16-18% сырого протеина [9].

Рацион кормления лактирующих коров используемый в опыте был разработан согласно кормам, имеющимся в хозяйстве [10]. Химический состав образцов кормов входящих в состав рациона приводится в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав образцов кормов в % на абсолютно сухое вещество

Перечень кормов	Результаты химического анализа					
	Общая влага	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ*	Сырая зола
Сено злаково-разнотравное	15,6	8,0	3,0	26,8	35,9	5,3
Силос кукурузный	68,7	1,3	0,7	4,2	6,5	0,7
Сенаж злаково-бобовый	47,6	5,2	1,4	15,2	23,4	1,6
Солома овсяная	16,0	4,3	1,9	21,8	32,4	5,0
Жмых рапсовый	8,1	28,5	6,2	15,8	29,3	6,1
Патока кормовая	19,6	9,3	-	-	62,6	7,2
Комбикорм	14,2	12,6	2,4	4,5	61,8	4,2
Соя	10,6	28,8	1,3	5,6	42,2	4,1

**Примечание:** \*Здесь и далее: БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества

Анализ полученных результатов (таблица 1) показывает, что химический состав соответствует нормам содержания нормируемых показателей.

Основным критерием, позволяющим оценить сбалансированность и полноценность кормления коров, качественной и количественной характеристикой рациона, является их молочная продуктивность.

Влияние кормовой добавки входящей в состав рациона дойных коров в течение 30 дней на молочную продуктивность и качественные показатели молока лактирующих коров приведено в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели молока коров в период исследований

Показатели	Группы	
	I-контрольная	II-опытная
Среднесуточный удой на 1 голову, кг	33,90 ± 0,40	34,46 ± 0,27
Валовый удой в группе, кг	10342,0 ± 80,2	10518,0 ± 78,6
Массовая доля молочного жира, %	3,76 ± 0,04	3,98 ± 0,04
Количество молока в пересчете на базисную жирность, кг	1124,6	1210,1
Содержится в молоке, %:		
сухое вещество	12,26 ± 0,4	13,04 ± 0,6
СОМО	7,0 ± 0,5	8,0 ± 0,8
белок	3,2 ± 0,10	3,2 ± 0,11
лактоза	4,9 ± 0,1	4,6 ± 0,1
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1027,6 ± 2,4	1027,4 ± 2,5
Кислотность, °Т	15,85 ± 0,87	15,67 ± 0,52
Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг молока	0,93	0,91

Анализ полученных нами результатов свидетельствует о том, что включение в состав лактирующим коровам 100 г кормовой добавки в сутки на голову способствовало увеличению валового надоя молока на 176 кг в сравнении с контрольной группой. По содержанию массовой доли жира в молоке животные опытной группы превосходили контроль на 0,22%. Содержание сухого вещества в молоке коров опытной группы было так же выше на 0,78%.

Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг молока в опытной группе были меньше на 2,0% в сравнении с животными контрольной группы. Количество молока базисной жирности получено в опытной группе на 7,6% больше.

**Заключение.** Использование в составе рациона лактирующим коровам кормосмеси с добавкой «Битацел» в количестве 100 г на голову в сутки способствовало не только увеличению валового надоя молока, но и улучшению качественных показателей, а так же снижению затрат энергетических кормовых единиц на 1 кг молока на 2,0% в сравнении с контрольной группой.

#### Список источников

1. Морозов В.А., Охохонина Е.Н., Булыгина Е.Н. Зоотехнический анализ и оценка питательности кормов, используемых в кормлении высокопродуктивных коров // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК: материалы Всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. с междунар. участием / под общ. ред. И.Н. Миколайчика. Курган: Изд-во Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева, 2020. С. 540-544.
2. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: монография / Р.В. Некрасов, А.В. Головин, Е.А. Махаев и др. М., 2018. 298 с.
3. Подольников В.Е., Гамко Г.Н., Менякина А.Г. Молочная продуктивность коров при повышенном уровне потребления питательных веществ и энергии // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 47-52.
4. Гамко Л.Н., Кубышкин А.В., Менякина А.Г. Эффективность производства молока при контроле рационов по широкому комплексу показателей // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 3 (97). С. 26-30.
5. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Мицурина Е.А. Переваримость питательных веществ и использование азота у лактирующих коров при скармливании кормосмеси с минеральными добавками // Вестник Ульяновской ГСХА. 2022. № 1 (57). С. 194-199.
6. Применение кормовой добавки «Мегабуст румен» в рационах кормления высокопродуктивных коров / С.И. Шепелев, С.Е. Яковлева, Е.А. Лемеш, В.А. Стрельцов // Известия Оренбургского ГАУ. 2023. № 2 (100). С. 270-276.
7. Руин В.А., Кистина А.А., Прытков Ю.Н. Использование пробиотического комплекса в кормлении коров молочной продуктивности // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 64-67.
8. Руин В.А., Прытков Ю.Н., Кистина А.А. Применение кормовой добавки "Биопримум сухой" в кормлении коров // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 64-67.

9. Воронова И.В., Игнатьева Н.Л., Немцева Е.Ю. Современные аспекты кормления молочных коров // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 1 (53). С. 164-169.

10. Технология приготовления кормосмесей и скармливания их лактирующим коровам / Л.Н. Гамко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 2 (90). С. 54-60.

11. Влияние качества кормов на продуктивность дойных коров с высоким генетическим потенциалом / Л.Н. Гамко, Е.А. Лемеш, А.В. Кубышкин, О.Н. Будникова // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 2 (78). С. 24-27.

**Информация об авторах:**

**Е.А. Лемеш** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**А.Н. Гулаков** – кандидат биологических наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**С.И. Шепелев** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 13fev@mail.ru.

**Information about the authors:**

**E.A. Lemesh** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**A. N. Gulakov** - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**S.I. Shepelev** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, 13fev@mail.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 09.10.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023.**

**The article was submitted 09.10.2023; approved after reviewing 27.11.2023; accepted for publication 30.11.2023.**

© Лемеш Е.А., Гулаков А.Н., Шепелев С.И.

Научная статья  
УДК 577.19:636.4.0857.7

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-61-64

## ЭФИРНОЕ МАСЛО ОРЕГАНО В КОМПЛЕКСЕ С ОКСИДОМ ЦИНКА В РАЦИОНАХ ПОРОСЯТ-ОТЪЕМЫШЕЙ

Валерий Егорович Подольников, Леонид Никифорович Гамко,  
Елизавета Эдуардовна Сысоева, Максим Валерьевич Подольников  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В промышленных условиях отрасли свиноводства, при ранних отъемах поросят и переводе их на растительные корма возникает проблема массовых расстройств системы пищеварения, что негативно сказывается на скорости их роста и сохранности. Для решения этой проблемы в питании свиней с давних пор применяются различные антибиотики и противомикробные кормовые добавки в субтерапевтических дозах. В настоящее время использование антибиотиков в ряде стран ограничено на законодательном уровне. В качестве альтернативы антибиотикам, используются различные компоненты растительного происхождения, как в чистом виде, так и в комплексе с химическими соединениями, которые способствуют формированию микробиома кишечника - подавление патогенной и увеличение численности полезной микрофлоры, что, соответственно, улучшает состояние здоровья и повышает скорость роста поросят. В статье представлены результаты исследований по использованию в рационах поросят раннего отъема (27 дней) эфирного масла орегано в комплексе с оксидом цинка в качестве средств, способствующих ускорению их роста и сокращению возникновения диареи в первые дни после отъема. В научно-хозяйственном опыте установлено, что изучаемые препараты проявили свое физиологическое действие на 6-й день потребления их подопытными поросятами, сократив число заболевших диареей животных с 30 голов в первый день отъема до 19 на шестой день. Продуктивность поросят, получавших масло орегано с оксидом цинка, за период опыта была выше, чем в контроле на 35,33%, а затраты корма на 1 кг прироста живой массы – на 5,5%.

**Ключевые слова:** корма, рацион, масло орегано, оксид цинка, поросята-отъемыши, продуктивность.

**Для цитирования:** Эфирное масло орегано в комплексе с оксидом цинка в рационах поросят-отъемышей / В.Е. Подольников, Л.Н. Гамко, Е.Э. Сысоева, М.В. Подольников // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 61-64. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-61-64>.

### Original article

## OREGANO ESSENTIAL OIL IN COMBINATION WITH ZINC OXIDE IN THE DIETS OF WEANING PIGS

Valery E. Podol'nikov, Leonid N. Gamko, Elizaveta E. Sysoeva, Maksim V. Podol'nikov  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** In the industrial conditions of the pig farming industry, when piglets are weaned early and transferred to plant feed, the problem of massive digestive system disorders arises, which negatively affects their growth rate and safety. To solve this problem, various antibiotics and antimicrobial feed additives in subtherapeutic doses have been used in the diet of pigs for a long time. Currently, the use of antibiotics in a number of countries is restricted at the legislative level. As an alternative to antibiotics, various components of plant origin are used, both in pure form and in combination with chemical compounds that contribute to the formation of the intestinal microbiome - suppression of pathogenic and increase in the number of beneficial microflorae, which, accordingly, improves health and increases the growth rate of piglets. The article presents the results of researches on the use of oregano essential oil in the diets of piglets of early weaning (27 days) in combination with zinc oxide as a means to accelerate their growth and reduce the occurrence of diarrhea in the first days after weaning. In scientific and economic experience, it was found that the studied preparations showed their physiological effect on the 6th day of their consumption by experimental piglets, reducing the number of animals with diarrhea from 30 heads on the first day of weaning to 19 on the sixth day. The productivity of piglets that received little oregano with zinc oxide during the experiment period was 35.33% higher than in the control, and the cost of the feed per 1 kg of live weight gain was 5.5%.

**Keywords:** feed, diet, oregano oil, zinc oxide, weaning pigs, productivity.

**For citation:** Podolnikov V.E., Gamko L.N., Sysoeva E.E., Podolnikov M.V. Oregano essential oil in combination with zinc oxide in the diets of weaning pigs. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 61-64 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-61-64>.

**Введение.** На современных промышленных свинокомплексах интенсификация производства продукции свиноводства предполагает, прежде всего, интенсификацию взаимосвязанных между собой технологических операций. Увеличение производства свинины осуществляется за счет увеличения поголовья животных, улучшения условий их кормления и содержания. Увеличение численности поголовья свиней достигается путем уплотнения опоросов свиноматок, которое неразрывно связано с ранним отъемом поросят. Однако дальнейшая сохранность и интенсивность роста поросят очень сильно зависит от качества, питательной ценности и биологической доступности необходимых элементов питания кормов рациона [1-4].

Слабо развитая система пищеварения у поросят раннего возраста требует особого внимания к организации их кормления. Недостаточная ферментативная активность пищева-

рительной системы в этом возрасте часто приводит к ее расстройству, которая проявляется в виде диареи. Это, в свою очередь, приводит к снижению продуктивности и сохранности поросят, а значит к снижению эффективности использования кормов и повышению себестоимости производства в целом. Наиболее неблагоприятным периодом для поросят в этом отношении являются первые две недели после отъема [5, 6].

Для профилактики диареи и увеличения скорости роста в питании свиней с давних пор применяются различные антибиотики и противомикробные кормовые добавки в субтерапевтических дозах. В настоящее время использование антибиотиков в ряде стран ограничено на законодательном уровне. Вместе с тем, в качестве альтернативы антибиотикам, используются различные компоненты растительного происхождения, как в чистом виде, так и в комплексе с химическими соединениями, которые способствуют формированию микробиома кишечника - подавление патогенной и увеличение численности полезной микрофлоры, что, соответственно, улучшает состояние здоровья и повышает скорость роста поросят [7-13].

**Цель исследований** - изучение эффективности применения эфирного масла орегано в комплексе с оксидом цинка в рационах поросят-отъемышей в качестве средств, стимулирующих их рост и профилаксирующих диарею.

**Материалы и методы исследования.** Материалом для проведения исследований служило эфирное масло орегано в комплексе с оксидом цинка. Эфирное масло получено из растения Орегано (лат. *Origanum vulgare*). Орегано известно также под названием Душица обыкновенная, которое относится к группе лекарственных растений. Трава Орегано содержит до 1,2% эфирного масла, аскорбиновую кислоту, дубильные вещества. Растение обладает успокаивающим действием на центральную нервную систему, усиливает секрецию пищеварительных и бронхиальных желез, усиливает перистальтику кишечника, повышает его тонус. Используется как средство, возбуждающее аппетит, при гастритах с пониженной секрецией желудочного сока, спастических колитах, сопровождающихся запорами, при атонии кишечника, при спазмах желудка и кишечника. Благодаря наличию фитонцидов душица обладает высокой антимикробной активностью. В данном растении обнаружено более 30 химических соединений, обладающих антибактериальной активностью [14,15].

Эфирное масло орегано получают путем мощной паровой дистилляции экстракта орегано. Масло обладает сильным ароматом и антисептическими свойствами. Оно является натуральным веществом и содержит два основных соединения – карвакрол и тимол. Эти вещества непосредственно принимают участие в подавлении вредных микроорганизмов, которые вызывают появление болезней и осложнений. Карвакрол - фенол, оказывающий антиоксидантное воздействие и работающий как природное противовирусное средство. Эфирное масло душицы - легкая жидкость светло-желтого или золотисто-коричневого цвета с ярко выраженным пряным цветочным ароматом с древесно-чайными, камфорными, маслянистыми нотками. Вкус масла терпкий, остро пряный, приятный.

Цинк является важным микроэлементом для животных. Он отвечает за обмен витамина А, формирование белков кератина и коллагена (необходимых для кожи и шерсти животных) и заживление ран. При недостатке цинка отмечается замедление роста и развития, снижение упитанности, возбуждение животных, их быстрая утомляемость, плохим внешним видом шерсти, ее выпадением, дерматитах, паракератозах у свиней. Дефицит цинка препятствует правильному развитию, снижает способность к оплодотворению и размножению, способствует развитию у поросят, телят и других животных паракератоза – пеллагроподобного заболевания кожи вследствие нарушения обмена веществ из-за цинковой недостаточности.

Источником цинка, чаще всего, выступает оксид цинка (ZnO) – распространённая кормовая добавка. Оксид (или окись) цинка – неорганическое вещество, белый кристаллический порошок, в природе встречающийся в виде минерала цинкита.

В свиноводстве оксид цинка применяют для профилактики диареи у поросят. Ранний отъем поросят от свиноматок является для них фактором стресса и приводит к развитию диареи, что является серьёзной проблемой для промышленного свиноводства. Последствиями диареи являются снижение скорости роста и падеж поросят.

Объектом исследований явились поросята-отъемыши (отъем в 27-дневном возрасте). Для проведения научно-хозяйственного опыта по методу аналогичных группы было сформировано 2 группы поросят-отъемышей породы ландрас по 30 голов в каждой. В составе каж-

дой группы было по 50 % свинок и боровков.

Контрольная группа поросят получала основной рацион в виде комбикорма, соответствующего периоду выращивания – 27-41 дни жизни и 42-62 дни. Опытная группа дополнительно к основному рациону получала 0,003% (по массе) эфирного масла орегано и 0,5% оксида цинка (ZnO). Весь период опыта был условно разделен на 2 периода. Первый период продолжительностью 14 дней, а второй период – 20 дней.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В ходе проведения научно-хозяйственного опыта изучали количество случаев диареи в первые дни после отъема, суточное потребление корма подопытными поросятами, показатели их продуктивности – валовой и среднесуточный прирост живой массы, а также затраты комбикорма в физическом весе на 1 кг прироста (табл.1).

Сразу после отъема (в первый день) было зафиксировано 29 случаев диареи в контрольной группе и 30 случаев в опытной группе, т.е. практически все поросята были с диареей. На третий день количество поросят с диареей в обеих группах снизилось до 28. На шестой и седьмой дни в контроле снизилось число больных поросят до 22, а в опытной группе до 19.

Таблица 1 – Показатели продуктивности поросят и затраты корма на единицу прироста живой массы

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Средняя живая масса поросят при отъеме, кг	9,38 ± 0,22	9,24 ± 0,31
Живая масса поросят в конце 1-го периода опыта, кг	10,77 ± 0,28	11,03 ± 0,39
Валовой прирост живой массы в 1-м периоде опыта, кг	1,39 ± 0,30	1,79 ± 0,42**
Среднесуточный прирост живой массы в 1-м периоде опыта, г	99 ± 3,19	128 ± 4,30**
Суточное потребление корма в 1-м периоде опыта, г	185	257
Затраты корма (в физическом весе) на 1 кг прироста, кг	1,87	2,01
Живая масса поросят в конце 2-го периода опыта, кг	19,59 ± 0,54	23,04 ± 0,72*
Валовой прирост живой массы во 2-м периоде опыта, кг	8,82 ± 0,60	12,01 ± 0,71**
Среднесуточный прирост живой массы во 2-м периоде опыта, г	441 ± 6,34	600 ± 7,16**
Суточное потребление корма во 2-м периоде опыта, г	708	889
Затраты корма (в физическом весе) на 1 кг прироста, кг	1,61	1,48
Валовой прирост живой массы за весь период опыта, кг	10,21 ± 0,42	13,80 ± 0,52**
Среднесуточный прирост живой массы за период опыта, г	300 ± 4,77	406 ± 5,75**
% к контролю	100,00	135,33
Суточное потребление корма в среднем за период опыта, г	492	629
Затраты корма (в физическом весе) на 1 кг прироста, кг	1,64	1,55

Тенденция значительного сокращения заболеваемости поросят опытной группы диареей в первом периоде опыта способствовало более высокому потреблению корма по сравнению с контролем на 72 г в расчете на 1 голову в сутки (определяли по массе остатков корма). В свою очередь это положительно повлияло на показатели роста валовых и среднесуточных приростов живой массы поросят этой группы. Вместе с тем, в первом периоде опыта затраты корма на 1 кг прироста живой массы в опытной группе были выше, чем в контрольной. По-видимому, в период реабилитации после диареи переваривающая способность пищеварительного тракта у поросят не полностью восстановилась и не соответствовала потреблению ими корма. Тем не менее, продуктивность поросят опытной группы, получавшей масло орегано с оксидом цинка, была достоверно выше, чем в контроле на 29,3% (\*\*p<0,1). Во втором периоде опыта разница по продуктивности между опытной группой и контролем увеличилась до 36%. Затраты корма на 1 кг прироста живой массы поросят в этом периоде значительно снизились и составили 1,48 кг в опытной группе, против 1,61 кг в контроле (разница 8,07%). В целом за опыт продуктивность поросят, получавших мало орегано с оксидом цинка, была выше, чем в контроле на 35,33%, а затраты корма на 1 кг прироста живой массы – на 5,5%.

Результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии эфирного масла орегано с оксидом цинка на снижение продолжительности поросят в первые дни после отъема, что, в свою очередь, способствует лучшему потреблению корма и его трансформацию в виде прироста их живой массы.

**Заключение.** Использование в составе рационов поросят при раннем их отъеме эфирного масла орегано в комплексе с оксидом цинка способствует снижению случаев заболевания диареей более, чем на 1/3 в течение первых шести дней. В свою очередь, это благоприятно

ятно сказывается на интенсивности роста поросят на 35, 33% и снижению затрат корма на 1 кг прироста живой массы на 5,5%.

#### Список источников

1. Повышение продуктивности молодняка свиней на откорме на предприятиях промышленного типа / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, А.А. Куцая // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 678-682.
2. Сорбенты в рационах молодняка свиней на откорме / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, И.И. Сидоров // Инновационное развитие животноводства в современных условиях: сб. тр. по материалам нац. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти, 75-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Почетного проф. Брянского ГАУ, проф. Нуриева Геннадия Газизовича. Ч. 1. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 29-34.
3. Мясная продуктивность молодняка свиней на откорме при скармливании минеральных и пробиотических добавок / Т.Л. Талызина, Л.Н. Гамко, В.Е. Подольников и др. // Зоотехния. 2016. № 5. С. 20-21.
4. Evaluating the efficiency of Enzyme-enriched Enzymesporine probiotic feed additive and its impact on the productive properties of pigs in the fattening process / D.V. Trubnikov, A.Y. Gorobets, E.V. Trubnikova, M.I. Kartashov and AS Belous // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548. 082089.
5. Переверзев Д., Пономарев Н., Душкин В. Повышение сохранности молодняка свиней в условиях промышленной технологии // Свиноводство. 2000. № 5. С. 24-25.
6. Темираев В. Чтобы не было проблем с ранним отъемом поросят // Животноводство России. 2003. С. 14-15.
7. Алтухов Н., Бригадиров Ю., Шамардина А. Пути профилактики желудочно-кишечных болезней поросят в период их отъема // Свиноводство. 2005. № 6. С. 21-22.
8. Бавин Д. Как предотвратить проблемы отъемного периода // Свиноводство. 2004. № 4. С. 32.
9. Суханова С.М., Петручук Е.М., Генералов А.А. Трипсин. Свойства и применение в производстве биологических лекарственных препаратов // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2018. Т. 18, № 2. С. 106-113.
10. Гречухин А.Н. Использование стимуляторов роста в свиноводстве // Ветеринария. 2013. № 1. С. 9-11.
11. Гамко Л.Н., Сидоров И.И., Менякина А.Г. Обмен веществ и энергии у молодняка свиней на откорме при скармливании кормосмеси с пробиотической добавкой // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. № 3 (51). С. 197-202.
12. Пробиотические добавки в составе кормосмеси: влияние на продуктивность откормочного молодняка / Л.Н. Гамко и др. // Свиноводство. 2020. № 6. С. 29-31.
13. Менякина А.Г. Влияние природных минеральных добавок на морфо - биохимический статус крови и продуктивность молодняка свиней в зоне с повышенным содержанием радиоцезия // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 1 (45). С. 112-115.
14. Лекарственные растения и фитотерапия: учеб. пособие / В.Е. Ториков, К.С. Маловастый, Г.Г. Нуриев и др. Брянск: БГСХА, 2005.
15. Журба О.В., Дмитриев М.Я. Лекарственные, ядовитые и вредные растения. М.: КолосС, 2005.
16. Пробиотическая добавка в рационах поросят-отъемышей / Л.Н. Гамко, И.И. Сидоров, Ю.Н. Черненко, В.В. Черненко // Аграрная наука. 2020. № 4. С. 30-33.

#### Информация об авторах:

**В.Е. Подольников** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Л.Н. Гамко** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Е.Э. Сысоева** – магистрант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**М.В. Подольников** – кандидат биологических наук, аналитик 2-го разряда центра коллективного пользования приборным и научным оборудованием, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

#### Information about the authors:

**V.E. Podol'nikov** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**L.N. Gamko** - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

**E.E. Sysoeva** - Magistrant, Bryansk State Agrarian University.

**M.V. Podol'nikov** – Candidate of Biological Sciences, Analyst of the 2nd category of the Center for Collective Use of Instrumentation and Scientific Equipment, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 15.11.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023.**

**The article was submitted 15.11.2023; approved after reviewing 27.11.2023; accepted for publication 30.11.2023**

© Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Сысоева Е.Э., Подольников М.В.

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**  
**AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**

Научная статья  
 УДК 631.354.2

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-65-68

**УТОЧНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ  
 ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ**

**Виктор Васильевич Никитин, Виктор Николаевич Ожерельев**  
 ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** Рассмотрены и проанализированы результаты разных вариантов представления поперечного сечения зерна пшеницы. В результате анализа литературы установлено, что указанное представление базируется на шаре, цилиндре и обрезанном цилиндре. Наиболее адекватно практике представление поперечного сечения зерна пшеницы в виде кардиоиды. При наложении профиля кардиоиды, на поперечное сечение обрезанного цилиндра и их сопоставлении выявлено, что разница в высоте координаты центра тяжести сравниваемых моделей не превышает 3%. Однако при этом кардиоиды обеспечивает начало качения зерна при угле наклона поверхности  $21,8^\circ$ , тогда как идентичный по площади поперечного сечения обрезанный цилиндр, поперечное сечение которого описано вокруг кардиоиды, может начать процесс скатывания только при увеличении угла наклона до  $40^\circ$ . В связи с этим следует откорректировать гипотезу процесса сепарации очесанного зернового вороха, уменьшив долю зерен, скатывающихся по плоскостям раздела слоев в пользу преобладания их скользящего движения. Получены математические выражения для аналитического нахождения координат центра тяжести плоской пластины, ограниченной кардиоидой, у которой  $a=b$ . При расчете пробных вариантов при заданных исходных параметрах достигнута стопроцентная сходимость с результатами нахождения координат центра тяжести сечения, полученными при помощи графической программы «КОМПАС-3D».

**Ключевые слова:** поперечное сечение зерна, кардиоиды, обрезанный цилиндр, центр тяжести, сепарация.

**Для цитирования:** Никитин В.В., Ожерельев В.Н. Уточнение математической модели поперечного сечения зерна пшеницы // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 65-68. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-65-68>.

**Original article**

**REFINEMENT OF THE MATHEMATICAL MODEL OF THE CROSS SECTION  
 OF WHEAT GRAIN**

**Victor V. Nikitin, Victor N. Ozherel'ev**  
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** The results of different options for representing the cross section of wheat grain are considered and analyzed. As a result of the literature analysis, it was established that the specified representation is based on the ball, cylinder and cut cylinder. The most appropriate representation for practice is to represent the cross section of a wheat grain in the form of a cardioid. When superimposing a cardioid profile on the cross section of a trimmed cylinder and comparing them, it was revealed that the difference in the height of the coordinate of the center of gravity of the compared models does not exceed 3%. However, in this case, the cardioid ensures the beginning of grain rolling at a surface inclination angle of  $21.8^\circ$ , while a cut cylinder with an identical cross-sectional area, the cross section of which is described around the cardioid, can begin the rolling process only when the inclination angle increases to  $40^\circ$ . In this regard, it is necessary to correct the hypothesis of the separation process of a combed grain heap, reducing the proportion of grains rolling along the planes of separation of the layers in favor of the predominance of their sliding movement. Mathematical expressions are obtained for analytically finding the coordinates of the center of gravity of a flat plate bounded by a cardioid, in which  $a=b$ . When calculating trial options with given initial parameters, one hundred percent convergence was achieved with the results of finding the coordinates of the center of gravity of the section, obtained using the graphical program «KOMPAS-3D».

**Key words:** cross section of grain, cardioid, cut cylinder, center of gravity, separation.

**For citation:** Nikitin V.V., Ozherel'ev V.N. Refinement of the mathematical model of the cross section of wheat grain. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 65-68 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-65-68>.

**Введение.** Принятая гипотеза сепарации очесанного зернового вороха на наклонной решетчатой поверхности предполагает, что часть свободных зерен (вместе с его другими компонентами) скользит по плоскости раздела слоев, наклоненной к горизонту на угол внутреннего трения. При этом часть зерен, сориентированных перпендикулярно к направлению движения слоя вороха, скатывается вниз по склону с опережающей скоростью. Суммирование процессов скольжения и скатывания зерен дает некую усредненную скорость сепарации [1, 2].

Способ движения зерна, в значительной степени зависит от его формы. На начальном

этапе исследований было правомерно рассматривать зерно упрощенно – в виде цилиндра или даже шара [3-5], однако на самом деле его поперечное сечение имеет более сложную форму и зависит, в том числе, от культуры [6]. В частности, поперечное сечение зерна пшеницы следовало бы рассматривать в качестве кардиоиды [7, 8]. При этом целесообразно установить на сколько адекватно такое представление и на сколько оно согласуется с принятой ранее гипотезой представления зерна в виде обрезанного цилиндра (часть окружности поперечного сечения – круга – отсекается по хорде). Данный анализ позволяет усовершенствовать разработанную ранее модель сепарации очесанного зернового вороха.

**Материалы и методы.** Построенные в программе «КОМПАС-3D» поперечные сечения зерна пшеницы Московская 56 в виде кардиоиды и обрезанного цилиндра (рис. 1), свидетельствуют о том, что с точки зрения расположения центров их тяжести разница близка к 3%.

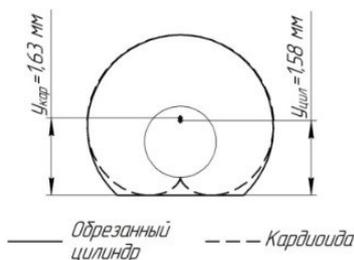


Рисунок 1 - Сравнение высоты центров обрезанного цилиндра и кардиоиды

С другой стороны, качение зерна может начаться тогда, когда опущенный из центра тяжести (точка С) перпендикуляр пройдет через край опорной поверхности (как это изображено на рисунке 1). Из этого следует, что в изображенных на рисунке 2 вариантах зерно, имеющее поперечное сечение, ограниченное кардиоидой начинает скатываться по склону уже при угле 21,8°, тогда как обрезанной цилиндр, в поперечное сечение которого вписана кардиоида, начнет скатывание только при угле наклона порядка 40°. Разница превышает 45%, тогда как высота центра тяжести сечения отличается только на 3%. С учетом такого значимого различия целесообразно более детально разобраться с параметрами сечений кардиоиды и определить с корректностью разных способов их расчета и построения.

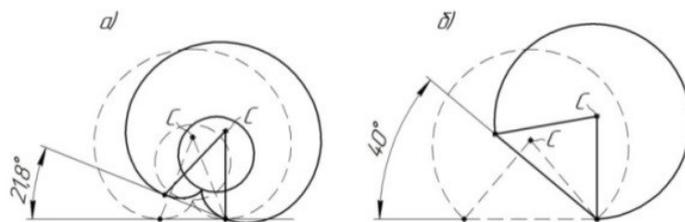


Рисунок 2 - Сопоставление углов скатывания для поперечного сечения зерна в виде:  
а) кардиоиды; б) обрезного цилиндра

Поперечное сечение кардиоиды имеет следующий вид [9] (рисунок 3).

Уравнение кардиоиды (в случае, когда  $a=b$ ) в полярных координатах ( $\varphi; r$ ) ( $-\pi \leq \varphi \leq \pi$ ) может быть представлено в виде:

$$r = a \cdot (1 + \cos \varphi), \quad (1)$$

где  $a$  – диаметр начальной окружности, мм;

$\varphi$  – полярный угол радиуса-вектора текущей точки, рад.

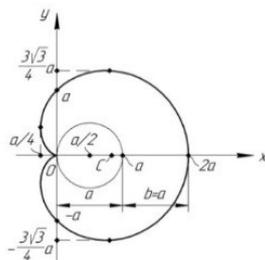


Рисунок 3 - Профиль поперечного сечения кардиоиды ( $a=b$ )

Площадь  $S$ , ограниченная кардиоидой, может быть представлена как

$$S = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} r^2(\varphi) d\varphi = \frac{3 \cdot \pi \cdot a^2}{2} \dots \quad (2)$$

Найдем центр тяжести фигуры, ограниченной кардиоидой – точку  $C(x_c; y_c)$ . Так как, в силу симметрии кардиоиды,  $y_c=0$ , то необходимо найти только  $x_c$  – абсциссу точки  $C$ :

$$x_c = \frac{M_y}{S} \dots \quad (3)$$

где  $S$  – площадь, ограниченная кардиоидой (она указана в (2)),  $мм^2$ ;

$M_y$  – статический момент пластины, ограниченной кардиоидой относительно оси  $y$ ,  $мм^3$ .

$$M_y = \iint_S x dx dy \dots \quad (4)$$

Вычислим его, перейдя к полярным координатам для точек  $(x; y)$  указанной пластины

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \varphi; & y &= \rho \sin \varphi; & dx dy &= \rho d\rho d\varphi; \\ -\pi &\leq \varphi \leq \pi; & 0 &\leq \rho \leq a(1 + \cos \varphi). \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда

$$M_y = \iint_S x dx dy = \iint_S \rho \cos \varphi \cdot \rho d\rho d\varphi = \frac{5\pi}{4} a^3 \dots \quad (6)$$

На основании (2) и (6) из (3) получаем:

$$x_c = \frac{5}{6} a \dots \quad (7)$$

Рассмотрим пример, в котором диаметр начальной окружности  $a=20$  мм. Тогда согласно (7), центр тяжести кардиоиды будет находиться от начала координат на расстоянии  $x_c=16,67$  мм.

Построим кардиоиду в программе «КОМПАС-3D». Используя встроенные возможности программы, определили, что реальное значение координаты центра тяжести фигуры остается неизменным  $x_c=16,67$  мм (рис. 4). Результаты построения свидетельствуют об адекватности полученного уравнения (7), поскольку сходимость теоретических и экспериментальных данных составляет 100%.

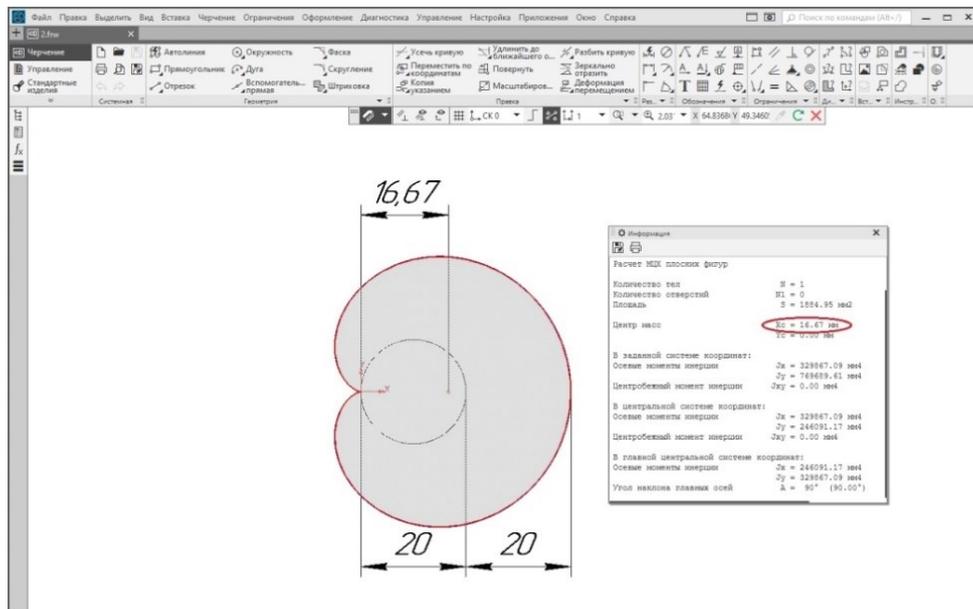


Рисунок 4 - Скриншот рабочего окна программы «КОМПАС-3D» при определении центра тяжести кардиоиды

**Выводы.** 1. Не смотря на близость площади поперечного сечения зерна пшеницы и положения центров тяжести сравниваемых фигур в случае его представления в виде кардиоиды или неполной окружности, описываемой вокруг кардиоиды, последняя имеет угол начала скатывания на 45% меньший чем соответствующий обрезанный цилиндр.

2. Фактическая доля скатывающихся по плоскости раздела зерен должна быть меньше по сравнению с ранее предсказываемой теоретически величиной, базировавшейся на представлении зерна пшеницы в виде обрезанного цилиндра.

3. Математическая методика определения положения центра тяжести плоского сечения в виде кардиоиды имеет стопроцентную сходимость по сравнению с использованием возможностей графической программы КОМПАС-3D. Это существенно упрощает расчеты.

#### Список источников

1. К обоснованию способа предварительной сепарации свободного зерна при очесе растений на корню / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин, В.Ф. Комогорцев, Н.В. Синяя // Наука в центральной России. 2023. № 1 (61). С. 77-84.
2. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Сепарация очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры комбайна // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 3. С. 35-40.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений. В 3 т. М.: Колос, 1968. Т. 1. 720 с.
4. Василенко В.В., Василенко С.В., Баскаков И.В. Рациональная схема питателя стационарной молотилки очесанного вороха // Вестник Воронежского ГАУ. 2022. Т. 15, № 3 (74). С. 12-18.
5. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Комогорцев В.Ф. Наклонная камера зерноуборочного комбайна // Вестник Брянской ГСХА. 2016. № 3. С. 65-70.
6. Повышение урожайности и качества зерна: монография / под ред. В.Е. Торикова. Брянск: Изд-во БГАУ, 2018. 172 с.
7. Маяцкая И.А. Разработка механико-математических моделей семян сельскохозяйственных культур, убираемых зернокомбайнами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ростов н/Д., 2000. 22 с.
8. Маяцкая И.А., Демченко Б.М. Определение Миделева сечения растительных объектов различной формы // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 3 (16). С. 109.
9. Долгов Д.П. Улитка Паскаля // Информатика и образование: границы коммуникаций. 2020. № 12 (20). С. 257-260.
10. Современные особенности материально-технического обеспечения сельского хозяйства в Брянской области / В.Ф. Васькин, О.Н. Коростелева, А.А. Кузьмицкая, Ю.И. Шмидт // Экономика и предпринимательство. 2021. № 4 (129). С. 547-552.

#### Информация об авторах:

**В.В. Никитин** – доктор технических наук, заведующий кафедрой технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, viktor.nike@yandex.ru.

**В.Н. Ожерельев** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vicoz@bk.ru.

#### Information about the authors:

**V.V. Nikitin** – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University, viktor.nike@yandex.ru.

**V.N. Ozherelev** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, vicoz@bk.ru.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 11.10.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023.**

**The article was submitted 11.10.2023; approved after reviewing 27.11.2023; accepted for publication 30.11.2023**

© Никитин В.В., Ожерельев В.Н.

Научная статья  
УДК 621.316.1

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-69-73

## АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 6-10/0,4 кВ

Антон Михайлович Никитин, Валерий Александрович Безик, Ольга Евгеньевна Широбокова  
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В статье представлен структурный анализ потерь электроэнергии в сельских распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ, выявлены факторы, которые оказывают негативное воздействие на распределительные сети напряжением 6-10/0,4 кВ, а так же рассмотрены способы полного или частичного снижения воздействия данных негативных факторов. Изменения параметров электрической энергии таких как: частота, значение и форма напряжения, симметрия напряжений, в трехфазных распределительных системах электропитания, разделяют на категорию продолжительных изменений параметров напряжения и категорию, вызванную случайными событиями. Категория продолжительных изменений параметров напряжения распределительной сети представляет собой длительные отклонения основных параметров напряжения, как правило, вызванные изменением уровня нагрузки либо воздействием нелинейных потребителей на распределительную сеть. Случайные события являются внезапными, приводящими к изменениям формы напряжения и его отклонению от номинальных параметров. Такие воздействия на распределительную сеть вызываются непредсказуемыми событиями или внешними воздействиями, такими как погодные условия, выход из строя оборудования и т.д. Конфигурации сетей электроснабжения не соответствуют настоящим режимам работы распределительных сетей, а так же уровень нагрузки на распределительные сети вырос в несколько раз, в результате чего происходит перегрузка одних элементов сети и недогрузка других элементов что, в свою очередь, влияет прямым образом на уровень потерь в распределительной сети 6-10/0,4 кВ. В сложившейся ситуации актуальной задачей является снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях за счет компенсации потерь реактивной мощности. Потери можно компенсировать за счет мероприятий направленных на компенсацию реактивной мощности и за счет повышения энергоэффективности энергетического комплекса.

**Ключевые слова:** электроснабжение, электрические нагрузки, распределительные сети, потери электроэнергии, активная мощность, реактивная мощность, качество электроэнергии, компенсация реактивной мощности.

**Для цитирования:** Никитин А.М., Безик В.А., Широбокова О.Е. Анализ потерь электроэнергии в сельских распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 69-73. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-69-73>.

### Original article

## ANALYSIS OF ELECTRICITY LOSSES IN RURAL DISTRIBUTION NETWORKS WITH A VOLTAGE OF 6-10/0.4 kV

Anton M. Nikitin, Valeri A. Bezik, Ol'ga E. Shirobokova  
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

**Abstract.** The article presents a structural analysis of electricity losses in rural distribution networks with a voltage of 6-10/0.4 kV. Factors that have a negative impact on distribution networks with a voltage of 6-10/0.4 kV have been identified, and ways to fully or partially reduce the impact of these negative factors have been considered. Changes in electrical energy parameters such as: frequency, voltage value and shape, voltage symmetry, in three-phase power distribution systems, are divided into the category of continuous changes in voltage parameters and the category caused by random events. The category of long-term changes in the voltage parameters of the distribution network represents long-term deviations of the main voltage parameters, as a rule, caused by a change in the load level or the impact of nonlinear consumers on the distribution network. Random events are sudden, leading to changes in the voltage shape and its deviation from the nominal parameters. Such impacts on the distribution network are caused by unpredictable events or external influences, such as weather conditions, equipment failure, etc. The configurations of power supply networks do not correspond to the current operating modes of distribution networks, as well as the load level on distribution networks has increased several times, resulting in overload of some network elements and underloading of other elements, which in turn, it directly affects the level of losses in the distribution network of 6-10/0.4 kV. In the current situation, an urgent task is to reduce the loss of electricity in distribution networks by compensating for reactive power losses. Losses can be compensated through measures aimed at compensating reactive power and by improving the energy efficiency of the energy complex.

**Keywords:** power supply, electrical loads, distribution networks, electricity losses, active power, reactive power, power quality, reactive power compensation.

**For citation:** Nikitin A.M., Bezik V.A., Shirobokova O.E. Analysis of electricity losses in rural distribution networks with a voltage of 6-10/0.4 kV. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 69-73 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-69-73>.

**Введение.** Изменения характеристик напряжения электропитания в точке передачи электрической энергии пользователю электрической сети, относящихся к частоте, значениям, форме напряжения и симметрии напряжений в трехфазных системах электроснабжения, подразделяют на две категории - продолжительные изменения характеристик напряжения и случайные события. Продолжительные изменения характеристик напряжения электропитания представляют собой длительные отклонения характеристик напряжения от номинальных значений и обусловлены, в основном, изменениями нагрузки или влиянием нелинейных нагрузок. Случайные события представляют собой внезапные и значительные изменения формы напряжения, приводящие к отклонению его параметров от номинальных. Данные изменения напряжения, как правило, вызываются непредсказуемыми событиями или внешними воздействиями [1,2].

Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей имеет ряд особенностей, таких как: расположение маломощных потребителей на большой территории и структура построения распределительных сетей, как правило, основана на радиальной схеме, что в свою очередь говорит о малой плотности и большой протяженности линий электропередач. Все это приводит к увеличению расхода активной и реактивной мощностей и увеличению падения напряжения в распределительных сетях 6-10/0,4 кВ [1,2].

Электрические нагрузки в сельских распределительных сетях 6-10/0,4 кВ постоянно изменяются. С каждым годом возрастает удельная нагрузка на жилые дома за счет насыщения бытовыми электроприборами и подключения новых потребителей либо отключения старых, особенно в производственном секторе. Все это приводит к тому, что сельские распределительные сети 6-10/0,4 кВ характеризуют как сети с нелинейной нагрузкой [3].

**Методы и материалы исследований.** По проведенным исследованиям [9,7] на долю распределительных сетей напряжением 6-10/0,4 кВ приходится 33,5% потерь от общего количества технических потерь электроэнергии. Кроме того в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ сосредоточены коммерческие потери в связи с хищениями и недостатками систем учета. В будущем нагрузка на распределительные сети напряжением 6-10/0,4 кВ будет увеличиваться, что повлечет за собой увеличение потерь в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ [3].

В каждом элементе распределительной сети возникают разного рода потери. Структура потерь электроэнергии в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ выглядит следующим образом (рис. 1).



Рисунок 1 - Структура потерь электроэнергии в распределительных сетях напряжением 6-10/0,4 кВ

Технологические потери распределяемой энергии в сетях 6-10/0,4 кВ состоят из технических потерь 78%, включающих в себя условно-постоянные потери 57 % и нагрузочные потери 21%; потери системы измерения параметров распределительной сети 22% [3,5].

Проведенный анализ структуры потерь электроэнергии показывает то, что нагрузоч-

ные потери распределительной сети не большие и равны 21 % [9]. Основными потерями, занимающими больше половины от всех потерь (57%), являются условно-постоянные потери. На основании исследований распределительных сетей 6-10/0,4 кВ, построена диаграмма условно-постоянных потерь (рис. 1).

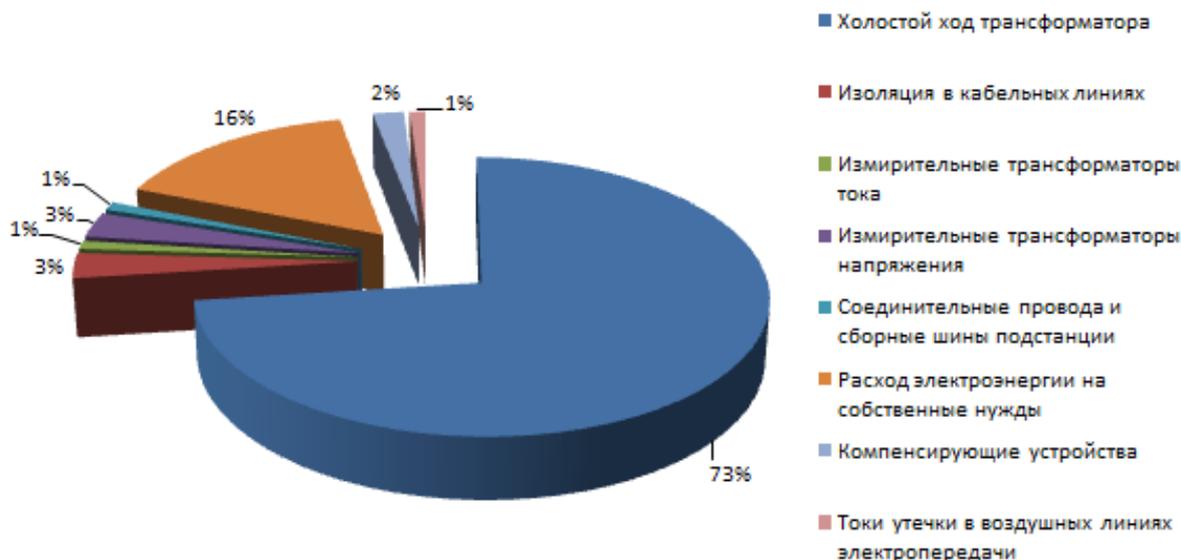


Рисунок 2 – Диаграмма распределения условно-постоянных потерь распределительных сетей 6-10/0,4 кВ

На основании полученной диаграммы (рисунок 1) 73 % из общего числа потерь, составляют потери холостого хода преобразующих силовых трансформаторов. Связанные с этим потери объясняются реактивной мощностью намагничивания. Определяющей задачей становится выявление факторов, которые оказывают негативное воздействие на работу силовых трансформаторов в распределительной сети 6-10/0,4 кВ, с возможностью полного или частичного снижения воздействия данных негативных факторов [4,8,10].

На основании проведенного анализа распределительной сети 6-10/0,4 кВ нами была построена диаграмма нагрузочных потерь от протекания активной и реактивной мощностей (рис. 3).

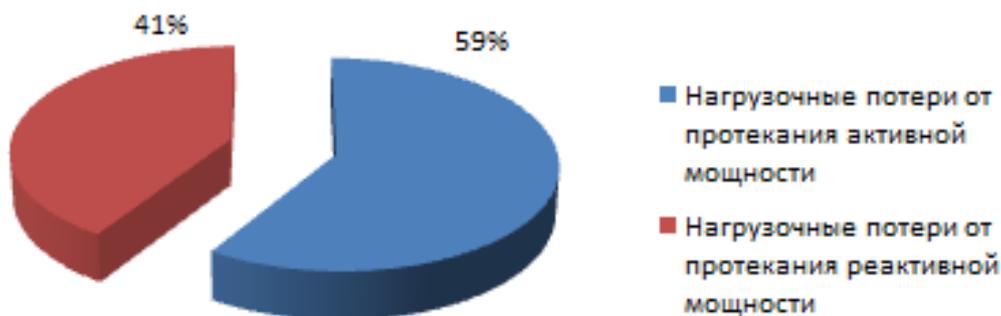


Рисунок 3– Диаграмма нагрузочных потерь от протекания активной и реактивной мощностей распределительной сети 6-10/0,4 кВ

Из диаграммы следует, что нагрузочные потери распределительной сети 6-10/0,4 кВ зависят от величины протекающей реактивной мощности, при этом их уровень составляет 41%, что негативно влияет на распределительную сеть 6-10/0,4 кВ и качество электроэнергии.

На рисунке 4 приведена диаграмма потерь электроэнергии в распределительной сети 6-10/0,4 кВ за период с 2018 по 2022 годы.

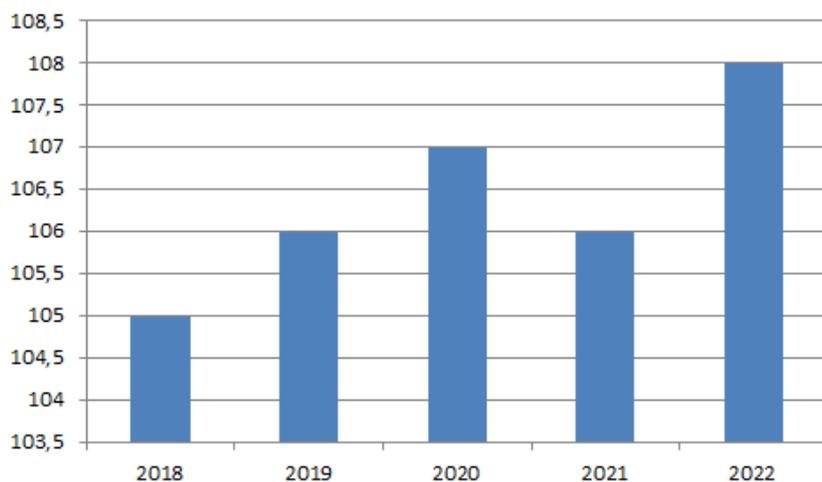


Рисунок 4 – Диаграмма потерь электроэнергии в распределительной сети 6-10/0,4 кВ за период с 2018 по 2022 годы

На основании полученной диаграммы потери электроэнергии в распределительной сети 6-10/0,4 кВ за период с 2018 по 2022 годы выросли, и в дальнейшем будут увеличиваться. Оборудование и устройства, применяемые в распределительной сети 6-10/0,4 кВ, устарели, режимы работы распределительной сети 6-10/0,4 кВ так же стали неоптимальными и влияют на уровень потребляемой реактивной мощности [6].

Обеспечение уровня качества электроэнергии устанавливаются технологическими регламентами, в которых проговариваются специфические возможности участников оптового рынка влиять на уровень качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ 32 144 – 2013 [1].

**Выводы.** Конфигурация распределительных сетей, которые были построены в прошлом столетии и используемое оборудование в распределительных сетях не соответствуют сегодняшним нагрузкам и режимам работы. В результате чего происходит перегрузка одних элементов сети и недогрузка других элементов что, в свою очередь, влияет прямым образом на уровень потерь в распределительной сети 6-10/0,4 кВ.

В сложившейся ситуации актуальной задачей является снижение реактивной мощности за счет её компенсации. За счет мероприятий направленных на компенсацию реактивной мощности можно снизить потери электроэнергии и повысить энергоэффективность энергетического комплекса в целом.

#### Список источников

1. ГОСТ 32 144 – 2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2014-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. М.: Стандартинформ, 2014. 21 с.
2. Ткачёв А.Н., Селунский В.В. Электрические машины: учеб. пособие. Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2021. – Режим доступа: <https://www.inueco.ru/rio/2021/978-5-6046573-3-1.pdf>, свободный. Загл. с экрана. 131 с.
3. Извеков Е.А., Косенков Р.И. Анализ потребления реактивной мощности асинхронными электродвигателями // Наука, образование и инновации в современном мире: материалы нац. науч.-практ. конф. Ч. I. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019. С. 128-135.
4. Осинцева В.В., Мезенцев П.А. Роль устройств защиты в повышении надежности работы асинхронных электродвигателей // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: материалы XII междунар. науч.-практ. конф. Междуреченск: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва, 2023. С. 553.1-553.5.
5. Шумский Д.В. Повышение энергетической эффективности электроприводов // Наука и молодежь: материалы XX Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2023. С. 311-313.
6. Сафронов Р.И., Милютин С.А. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность электрооборудования // Электроэнергетика сегодня и завтра: сб. науч. ст. 2-й междунар. науч.-техн. конф. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2023. С. 104-108.

7. Сафронов Р.И., Милютин С.А. Диагностика технического состояния электрооборудования // Электроэнергетика сегодня и завтра: сб. науч. ст. 2-й междунар. науч.-техн. конф. Курск: Курская ГСХА им. И.И. Иванова, 2023 С. 109-113.

8. Анализ эксплуатационных режимов систем электроснабжения с распределительной генерацией и потреблением / Л.Н. Канов, С.А. Конева, А.К. Пронина, Е.Н. Хомак // Энергетические установки и технологии. 2023. Т. 9, № 1. С. 128-137.

9. Беляевский Р.В. Повышение энергоэффективности территориальных сетевых организаций при оптимизации потребления реактивной мощности: дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03 / науч. рук. В.М. Ефременко. Кемерово: Кузбасский государственный техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева, 2015. 132 с.

10. Вахитова А.В. Влияние коэффициента загрузки трансформаторов на потери // Экология и безопасность жизнедеятельности: сб. ст. XXII междунар. науч.-практ. конф. Пенза: Пензенский ГАУ, 2022. С. 57-60.

11. Ториков В.Е., Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А. Ресурсосбережение в сфере сельского хозяйства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 24-32.

**Информация об авторах:**

**А.М. Никитин** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

**В.А. Безик** – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**О.Е. Широбокова** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Information about the authors:**

**A.M. Nikitin** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electroenergetics and Electrical Technologies, Bryansk State Agrarian University.

**V.A. Bezik** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University.

**O.E. Shirobokova** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electroenergetics and Electrical Technologies, Bryansk State Agrarian University

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023.**

**The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 27.11.2023; accepted for publication 30.11.2023**

© Никитин А.М., Безик В.А., Широбокова О.Е.

Научная статья  
УДК 628.166.085

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-100-6-74-79

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ПРОЦЕССЕ ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ

<sup>1</sup>Александр Николаевич Васькин, <sup>1</sup>Антон Михайлович Никитин, <sup>2</sup>Елена Николаевна Ракутько  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

<sup>2</sup>Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** В светокультуре имеет важное значение спектральный состав излучения, который воздействует на растения в процессе их выращивания. Для задания спектра излучения используется соотношение долей энергии в различных поддиапазонах фото-синтетически активной радиации. Проведено сравнение качества рассады томата, выращенной под различными условиями освещения. В эксперименте использовались три светильника: ЛСПО 4x58 с двумя люминесцентными лампами Philips Master TL-D 58/840 и двумя люминесцентными лампами OSRAM L 58/77 FLUORA, а также светодиодный модуль, имеющий спектр света с отношением компонентов С:З:К в соотношении 20:24:56 и светильник ЖСП 64-400-001 серии "Флора" с двумя ЭПРА. Проведенный анализ показал, что фотонный поток, создаваемый люминесцентными лампами, обеспечивает наиболее комфортные условия для роста рассады томата. Результаты исследования отмечают положительное влияние использования данных ламп на качество растений. Свет, генерируемый светодиодным модулем и натриевыми лампами, по сравнению с люминесцентными лампами демонстрирует более низкую эффективность, что подкрепляется экспериментальными данными. Таким образом, можно сделать вывод о превосходстве освещения, создаваемого люминесцентными лампами, над светодиодным модулем и светильником с лампами ДНаЗ-400 Супер в контексте выращивания рассады томата. Это позволяет улучшить качество растений и обеспечить более оптимальные условия их роста. В результате было обнаружено, что рассада томатов, выращенная под люминесцентными лампами, характеризуется более высокой сырой массой в сравнении с растениями, выращенными под другими источниками излучения.

**Ключевые слова:** Светокультура, облучатель, излучение, энергия, радиация.

**Для цитирования:** Васькин А.Н., Никитин А.М., Ракутько Е.Н. Исследование эффективности использования энергии в процессе облучения растений // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 74-79. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-74-79>.

Original article

## ENERGY EFFICIENCY RESEARCH IN THE PROCESS OF IRRADIATION OF PLANTS

<sup>1</sup>Alexander N. Vas'kin, <sup>1</sup>Anton M. Nikitin, <sup>2</sup>Elena N. Rakut'ko

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

<sup>2</sup>Institute of Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM, Saint Petersburg, Russia

**Abstract.** In light culture, the spectral composition of radiation that affects plants during their cultivation is important. To set the radiation spectrum, the ratio of energy fractions in different subbands of photo-synthetically active radiation is used. The quality of tomato seedlings grown under different lighting conditions was compared. Three luminaires were used in the experiment: LSPO 4x58 with two Philips Master TL-D 58/840 fluorescent lamps and two OSRAM L 58/77 FLUORA fluorescent lamps, as well as an LED module having a light spectrum with a ratio of components C:W:K in the ratio of 20:24:56 and a lamp of the ZHSP 64-400-001 Flora series with two EPRA. The conducted analysis showed that the photon flux created by fluorescent lamps provides the most comfortable conditions for the growth of seedlings of the tomato. The results of the research note the positive impact of the use of these lamps on the quality of plants. Light generated by the LED module and sodium lamps. The light generated by the LED module and sodium lamps, compared to fluorescent lamps, shows lower efficiency, which is supported by experimental data. Thus, we can conclude that the superiority of the lighting created by fluorescent lamps over the svedthodiode module and the lamp with lamps DNaZ-400 Super in the context of growing tomato seedlings. This makes it possible to improve the quality of plants and ensure more optimal conditions for their growth. As a result, tomato seedlings grown under fluorescent lamps were found to have a higher crude mass compared to plants grown under other radiation sources.

**Key words:** light culture, irradiator, radiation, energy, radiation.

**For citation:** Vaskin A.N., Nikitin A.M., Rakutko E.N. Energy efficiency research in the process of irradiation of plants. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (6): 74-79 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-100-6-74-79>.

**Введение.** Важнейшей задачей в АПК является обеспечение энергосбережения в применяемых технологических процессах. Одними из наиболее энергоемких являются процессы, связанные с использованием энергии оптического излучения. Примером таких процессов

является светокультура, то есть выращивание растений полностью при искусственном облучении. Энергия потока оптического излучения в области фотосинтетически активной радиации (ФАР) с длиной волны от 400 до 700 нм является основой обеспечения процессов фотосинтеза и получения полезной продукции в светокультуре [3].

В светокультуре одним из энергосберегающих мероприятий является регулирование светового режима, в том числе путем аргументированного выбора источников излучения и/или регулирования спектра излучения выбранных источников в диапазоне ФАР. Экономические показатели светокультуры непосредственно зависят от соответствия спектрального состава излучения требуемым значениям [4]. При использовании облучателя с различным спектральным составом для досвечивания растений, возникают различные эффекты в зависимости от его применения. Если облучатель используется в качестве дополнительного источника освещения вместе с естественным светом, то эффект будет отличаться от использования его в светокультуре, где солнечный свет отсутствует. Особенно заметен этот эффект при использовании широко распространенных натриевых ламп для облучения растений в закрытых помещениях без доступа к солнечному свету. При таком использовании натриевые лампы могут вызывать растяжение и вытягивание рассады [5]. Достаточно признанным в метрологии светокультуры является подход, основанный на выделении трех спектральных поддиапазонов ФАР: синего (B – blue) 400...500 нм, зеленого (G – green) 500...600 нм и красного (R – red) 600...700 нм [2].

**Задачи исследований.** В нашем исследовании мы занимаемся разработкой информационной модели, которая позволяет анализировать распределение потоков энергии в сельскохозяйственной биоэнергетической системе. Получение достоверных и экспериментальных данных является важным этапом нашего исследования. Мы собираем данные, чтобы сравнить и оценить эффективность спектра облучателей на качество рассады томата. В результате проведенных экспериментов мы сможем определить, какой спектр облучателей наилучшим образом влияет на рост и развитие рассады томата. Это важный вклад в развитие применения биоэнергетических систем в сельском хозяйстве [6].

**Материалы и методы.** Основываясь на различиях в требованиях к составу фотосинтетического потока спектра у различных видов овощных культур, возможно приближенно сформулировать физиологически обоснованные требования к спектральному составу источника оптического излучения. Для этого можно использовать светоизлучающие диоды или другие источники со спектром, который обеспечивает потребности растения в фитопотоке. Однако изучение светового поля, которое испускает данный источник излучения, является сложной задачей. На данный момент структура световых полей светодиодных излучателей имеет недостаточные исследования и практически далека от полного решения [1].

В опыте по изучению спектра светового потока различных облучателей было проведено исследование по применению трех типов облучателей. Последовательно были исследованы следующие облучатели: светодиодный модуль, светильник ЛСПО 4x58 и светильник ЖСП 64-400-001 серии "Флора".

Светодиодный модуль, включающий три светодиодных облучателя, представляет собой техническое устройство, используемое для освещения [9]. Каждый облучатель также состоит из групп светодиодов трех различных цветов: синего, зеленого и красного. При этом соотношение цветов в спектре модуля установлено как 20:24:56 соответственно.

Для оценки качества освещения необходимо учитывать неравномерность облученности на плоскости. В данном случае, размер плоскости составляет 0,6 x 0,5 м. Исследование показало, что неравномерность облученности не превышает 15%, что является допустимым значением.

Одним из важных параметров модуля является электрическая мощность, которую он потребляет [9]. Она составляет 185 Вт, что является обычным значением для данного типа устройств.

Кроме того, высота от плоскости модуля до поверхности освещения также имеет значение. В данном случае, она составляет 31,5 см. Этот параметр также важен при проектировании и установке модуля.

Исходное исследование, в котором были получены данные о светодиодном модуле, было проведено ранее и опубликовано в источнике [10].

Для проведения опыта был использован светильник ЛСПО 4x58, который представляет собой комбинацию двух ламп Philips Master TL-D 58/840 и двух ламп OSRAM L 58/77 FLUORA. Общая электрическая мощность этого светильника составляет 213 Вт. Спектр света данного светильника характеризуется соотношением цветов 34:33:33. Характеризуется светильник неравномерностью облученности на плоскости размером 0,8 x 0,3 м, которая не превышает 15%. Высота от нижней кромки люминесцентной трубки до поверхности освещения составляет 27,5 см [11].

В опыте использовался светильник ЖСП 64-400-001 серии "Флора" с двумя ЭПРА в качестве третьего облучателя [7]. Эти светильники оснащены лампами типа ДНаЗ Супер Reflux 400. Электрическая мощность данных светильников составляет 850 Вт. Спектр светильника соотносится следующим образом: 13 красного, 51 зеленого и 36 синего цвета. Облученность на плоскости размером 1,2x0,8 м отличается не более чем на 15%. Высота от зоны освещения до центра ламп составляет 87 см.

С использованием объективного метода, основанного на измерении освещенности в различных точках поверхности, было принято решение определить распределение светового потока [8]. Чтобы достичь необходимой точности, требовалось выбрать определенное количество точек для измерений:

$$N = \frac{L}{\Delta L}, \quad (1)$$

где N – количество точек;

L – длина поверхности в одном из 2-х направлений, м;

$\Delta L$  – расстояние между точками в данном направлении, м.

Данные распределения оптического потока на плоскости представлены в таблицах 1,2,3.

Таблица 1 – Уровни освещенности на координатной плоскости светодиодного модуля, клк

Y	X								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
80	0,79	0,94	1,07	1,14	1,16	1,09	0,99	0,88	0,73
70	1,28	1,53	1,65	1,77	1,77	1,71	1,63	1,55	1,23
60	1,82	2,28	2,67	2,81	2,91	2,74	2,54	2,19	1,79
50	2,6	3,36	3,85	4,15	4,23	3,96	3,7	3,13	2,58
40	3,4	4,44	5,1	5,43	5,53	5,27	4,8	4,08	3,19
30	4,05	5,31	6,08	6,48	6,62	6,24	5,74	4,79	3,75
20	4,44	5,85	6,72	7,2	7,33	6,93	6,31	5,35	4,15
10	4,64	6,13	7,8	7,56	7,75	7,34	6,68	5,58	4,42
0	5,00	6,27	7,23	7,74	7,9	7,51	6,75	5,71	4,46
-10	4,71	6,18	7,14	7,64	7,81	7,41	6,69	5,63	4,42
-20	4,47	5,88	6,84	7,33	7,47	7,12	6,45	5,48	4,26
-30	4,1	5,4	6,25	6,72	6,88	6,53	5,97	5,07	3,9
-40	3,47	4,6	5,36	5,76	5,84	5,61	5,31	4,31	3,32
-50	2,71	3,6	4,1	4,38	4,51	4,44	3,89	3,36	2,62
-60	1,88	2,43	2,84	3	3,09	2,95	2,67	2,3	1,86
-70	1,21	1,5	1,82	1,94	2,05	2,05	1,77	1,55	1,26
-80	0,77	0,93	1,1	1,19	1,23	1,19	1,08	0,95	0,79

Таблица 2 – Уровни освещенности на координатной плоскости люминесцентного светильника, клк

Y	X								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80	1,71	2,61	3,41	4,03	4,28	3,93	3,14	2,21	1,55
70	2,3	3,621	5,1	6,3	6,73	6,13	4,68	3,32	2,14
60	2,92	4,71	6,78	8,6	9,31	8,33	6,21	4,17	2,67
50	3,4	5,4	8,04	10,26	11,11	9,8	7,46	5,01	3,16
40	3,74	6,06	8,87	11,25	12,15	10,71	8,16	5,5	3,44
30	4,03	6,25	9,3	11,8	12,76	11,26	8,65	5,77	3,68
20	4,19	6,57	9,59	12,09	13,06	11,55	8,93	5,97	3,83
10	4,21	6,61	9,73	12,24	13,21	11,66	9,02	6,12	3,95
0	4,14	6,48	9,87	12,25	13,27	11,75	9,2	6,14	3,96
-10	4,17	6,62	9,62	12,19	13,21	11,63	9,05	6,12	3,92
-20	4,07	6,41	9,44	12,06	13,00	11,48	8,94	6,07	3,85
-30	3,93	6,24	9,11	11,65	12,62	11,12	8,61	5,85	3,7
-40	3,67	5,84	8,56	11,06	11,97	10,57	8,05	5,44	3,49
-50	3,31	5,24	7,7	10,07	10,87	9,6	7,39	4,97	3,19
-60	2,81	4,38	6,45	8,4	9,06	8,02	6,17	4,2	2,71
-70	2,23	3,38	4,79	6,13	6,58	5,85	4,61	3,32	2,19
-80	1,66	2,43	3,23	4,15	4,31	3,81	3,16	2,32	1,65

Таблица 3 – Уровни освещенности на координатной плоскости светильника с лампами ДНаЗ-400 Супер, клк

Y	X								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
80	10,42	10,44	11,17	12,7	12,08	12,81	11,83	11,1	11,15
70	11,8	11,89	12,68	15,39	14,00	15,06	13,77	13,21	12,88
60	14,2	13,8	14,63	17,55	16,1	17,65	15,71	15,1	14,57
50	15,8	15,11	15,97	18,9	17,6	19,68	17,13	16,51	15,87
40	16,57	16,23	16,53	19,57	18,68	20,8	17,91	17,27	16,38
30	16,78	16,22	16,41	19,62	18,52	19,5	17,9	17,72	16,3
20	16,07	15,82	15,97	18,37	17,48	19,2	17,06	17,04	16,04
10	15,63	15,16	15,25	17,19	16,41	17,01	16,54	16,25	16,44
0	15,51	15,61	15,35	16,59	16,3	17,69	16,7	15,54	16,65
-10	15,48	16,03	15,61	16,47	16,42	17,97	16,43	15,41	15,92
-20	15,71	17,01	16,82	17,64	17,3	18,71	17,26	16,58	16,37
-30	16,46	17,9	17,64	18,6	18,21	19,2	17,81	17,1	16,11
-40	16,94	18,01	17,92	18,64	18,64	19,34	17,6	16,55	15,8
-50	16,7	17,87	17,46	17,71	17,62	18,32	16,87	15,73	14,9
-60	15,7	16,48	15,91	16,22	16,44	16,89	15,49	14,35	13,49
-70	13,75	13,9	14,43	13,98	15,14	15,2	12,9	12,6	12,1
-80	12,24	12,48	12,08	11,92	12,67	12,68	11,18	10,67	10,3

Для изучения влияния световых потоков на рост и развитие растений рассады использовали томат сорта Фламинго F<sub>1</sub> – гибрид, детерминантный, отечественной селекции.

В ходе исследования роста и развития растений были проведены наблюдения и учеты на протяжении всего периода выращивания рассады томата. При использовании люминесцентных ламп каждые 5 дней с трехнедельного возраста растений наблюдалось увеличение высоты от 7,2 до 10,2 см.

Варьирование по высоте составило 9,13-12,6%, а варьирование по количеству листьев составило 8,15-11,8%. При использовании светодиодного модуля, варьирование по высоте составило 8,24-10,3%, а варьирование по количеству листьев составило 7,37-9,48%.

Под воздействием света натриевой лампы ДНаЗ наблюдалось ускорение роста растений, с приростом в высоту каждые 5 дней от 10,0 до 18 см. Варьирование по высоте составило 7,85-12,2%, а относительная ошибка средней - 1,26-2,06%.

К 41-му дню после посева, при исследовании оптических источников излучения, растения образовали первую цветочную кисть.

Таблица 4 – Характеристика 45-дневной рассады томата сорта Фламинго F1

Показатели	Среднее арифметическое, $\bar{x} \pm S\bar{x}$	Стандартное отклонение, s	Коэффициент вариации V, %	Относительная ошибка средней, $S\bar{x}$ , %
Светодиодный модуль				
Высота растения, см	49,48±1,56	4,41	8,91	3,15
Количество листьев, шт.	10,8±0,20	0,63	0,06	1,85
Диаметр стебля, мм	6,6±0,22	0,71	10,71	3,33
Сырая масса растения, г	29,9±2,07	4,14	13,84	6,92
Сухое вещество, %	10,1±0,37	0,75	7,42	3,66
Люминесцентный светильник				
Высота растения, см	50,45±1,45	4,79	9,5	2,87
Количество листьев, шт.	11,46±0,18	0,66	5,76	1,57
Диаметр стебля, мм	7,26±0,10	0,36	4,98	1,38
Сырая масса растения, г	55,85±1,27	3,6	6,45	2,27
Сухое вещество, %	11,39±0,3	0,6	5,3	2,63
Светильники с лампами ДНаЗ				
Высота растения, см	69,64±1,55	5,14	7,38	2,23
Количество листьев, шт.	11,58±0,34	1,16	10,05	2,94
Диаметр стебля, мм	7,06±0,12	0,43	6,11	1,7
Сырая масса растения, г	50,91±2,53	7,58	14,89	4,97
Сухое вещество, %	12,43±0,33	0,66	5,29	2,65

В результате проведенного эксперимента выяснилось, что наиболее оптимальные условия для растений создавались благодаря световому потоку от фотонных ламп. При таких условиях растения приобретали привлекательный внешний вид, характеризовались хорошим наполнением клеток, а также формировали компактные стебли с обильным опушением.

При использовании светодиодных модулей с соотношением цветов С:З:К = 20:24:56 возникли определенные сложности, которые могут быть объяснены недостаточностью инфракрасного света для растений. В результате этого наблюдалось появление тонких стеблей, хлороза на нижних листьях и нарушения в развитии растений из-за нарушения водного баланса. Неполноценность также затронули корневую систему, что привело к затруднениям с поглощением воды и снижением испарения на поверхности листьев, что, в свою очередь, привело к понижению тургора растений.

В контексте исследования следует отметить, что применение светильников с лампами ДНаЗ-400 Супер для искусственного облучения с уровнем облученности 140 мкмоль/м<sup>2</sup>с не проявило достаточной эффективности. В этом случае растения проявляли вегетативный тип роста, отмечалось значительное увеличение их высоты (до 69,64 см), длинные междоузлия и слабо развитая верхушка.

**Заключение.** Проведено сравнение качества рассады томата, выращенной под различными условиями освещения. В эксперименте использовались три светильника: ЛСПО 4x58 с двумя люминесцентными лампами Philips Master TL-D 58/840 и двумя люминесцентными лампами OSRAM L 58/77 FLUORA, а также светодиодный модуль, имеющий спектр света с отношением компонентов С:З:К в соотношении 20:24:56 и светильник ЖСП 64-400-001 серии "Флора" с двумя ЭПРА.

Проведенный анализ показал, что фотонный поток, создаваемый люминесцентными лампами, обеспечивает наиболее комфортные условия для роста рассады томата. Результаты исследования отмечают положительное влияние использования данных ламп на качество растений. Свет, генерируемый светодиодным модулем и натриевыми лампами, по сравнению с люминесцентными лампами демонстрирует более низкую эффективность, что подкрепляется экспериментальными данными.

Таким образом, можно сделать вывод о превосходстве освещения, создаваемого люминесцентными лампами, над светодиодным модулем и светильником с лампами ДНаЗ-400 Супер в контексте выращивания рассады томата. Это позволяет улучшить качество растений и обеспечить более оптимальные условия их роста.

**Список источников**

1. Васькин А.Н., Ракутько С.А. Расчет параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 9-13.
2. Ракутько С.А. Энергоемкость как критерий оптимизации технологических процессов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 12. С. 54-56.
3. Устройство для контроля энергоэффективности искусственных биоэнергетических систем: пат. Рос. Федерация / Ракутько С.А., Жидков В.А., Пацуков А.Э.; опубл. 2020.
4. Ракутько С.А. Энергетическая оценка и оптимизация биотехнических сельскохозяйственных систем // Вестник РАСХН. 2009. № 4. С. 89–92.
5. Ракутько С.А. Прикладная теория энергосбережения в энерготехнологических процессах АПК: основные положения и практическая значимость // Известия РАН. Энергетика. 2009. № 6. С. 168–175.
6. Ракутько С.А. Теория энергосбережения: научные абстракции и практическая конкретность // Известия СПбГАУ. 2013. № 31. С. 208-214.
7. Rakutko S.A. Some Experience in Energy Saving Training within Agricultural Engineering Education // Engineering for rural development: Proceedings of 13 th International Scientific Conference, May 29-30, 2014. Latvia University of Agriculture, Faculty of Engineering. Jelgava, 2014.
8. Ракутько С.А. От понятия потребительской энергетической системы к иерархической информационной модели искусственной биоэнергетической системы // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. № 35. С. 312-318.
9. Ракутько Е.Н., Ракутько С.А., Васькин А.Н. Методика расчета параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 1 (98). С. 71-82.
10. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Васькин А.Н. Оценка стабильности развития растений томата (*solanum lycopersicum* L.) в светокультуре по флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 95. С. 100-112.
11. Энергоэкологическое обследование светокультуры салата (*lactuca sativa* L.) на конвейерной линии / С.А. Ракутько, Е.Н. Ракутько, А.Н. Васькин, Д.А. Капошко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 6-1. С. 27-31.
12. Ториков В.Е., Погоньшев В.А., Погоньшева Д.А. Ресурсосбережение в сфере сельского хозяйства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 1 (34). С. 24-32.

**Информация об авторах:**

**А.Н. Васькин** – старший преподаватель кафедры автоматике, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vaskin32@mail.ru.

**А.М. Никитин** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

**Е.Н. Ракутько** – научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

**Information about the authors:**

**AN. Vas'kin** - Senior lecturer of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, vaskin32@mail.ru.

**A.M. Nikitin** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electroenergetics and Electrical Technologies, Bryansk State Agrarian University.

**E.N. Rakut'ko** - research associate, Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 22.11.2023; одобрена после рецензирования 27.11.2023, принята к публикации 30.11.2023.**

**The article was submitted 22.11.2023; approved after reviewing 27.11.2023; accepted for publication 30.11.2023**

© Васькин А.Н., Никитин А.М. Ракутько Е.Н.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Вестник Брянской ГСХА» публикует результаты завершенных оригинальных, теоретических и методических исследований, обзорные статьи, представляющие интерес для специалистов в различных областях сельскохозяйственной науки и практики.

### ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

Тексты статей представляются только в программе Microsoft Word. Формат страницы А4, поля по 2 см, шрифт Times New Roman 12, межстрочный интервал 1,0. Выравнивание по ширине с установкой переносов, отступ в начале абзаца 1,25. Объем статьи не менее 4 и не более 7 страниц, включая аннотацию, литературу, таблицы, графики, рисунки и подписи под рисунками. Размер каждого рисунка и таблицы не должен превышать одной страницы формата А4. Статьи большего объема могут быть опубликованы в исключительных случаях по решению редакционной коллегии.

### СТРУКТУРА СТАТЬИ

1) УДК (в верхнем левом углу); 2) название статьи (на русском языке заглавными буквами, на английском языке на отдельной строке, расположение по центру); 3) инициалы и фамилия (фамилии) автора (авторов) с указанием ученой степени, звания, должности и e-mail (строчными буквами по центру на русском и английском языке); 4) полное название учреждения и почтовый адрес (строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают на русском и английском языке); 5) аннотация и ключевые слова на русском языке, 6) аннотация и ключевые слова на английском языке; 7) статья; 8) список источников на русском и английском языках (транслитерация). Выполнить транслитерацию на сайте ЦНСХБ по ссылке <http://www.cnsbh.ru/translit/translit.aspx>.

Экспериментальная статья должна включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и их обсуждение, выводы, список источников.

Требования к составлению аннотации. Оформляется согласно ГОСТ 7.0.7-2021. Рекомендуемый объем 1000-2000 знаков (200-250 слов). В аннотации не повторяется название статьи. Аннотация не разбивается на абзацы. Структура аннотации кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит фактографию, обоснованные выводы, рекомендации и т.п. Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение - в скобках, далее используется только сокращение). Избегайте использования вводных слов и оборотов. Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Перевод аннотации на английский язык. Недопустимо использование машинного перевода. Вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: ВТО-WTO, ФАО-FAO и т.п.).

Библиографический список нумеруется в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки помещают квадратные скобки. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 для затекстовых ссылок. Допускается доля самоцитирования не более 20% и цитирования работ сотрудников учреждения, где выполнена работа не более 30%.

Все рукописи, представляемые для публикации в журнале, проходят рецензирование (экспертную оценку) и проверку информационной системой на наличие неправомерных заимствований.

Статьи (1 экземпляр в печатном виде и на электронном носителе) следует направлять по адресу 243365 Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, ул. Советская, 2а, Брянский ГАУ, главному редактору Торикову В.Е. или E-mail: [osipovaa@bgsha.com](mailto:osipovaa@bgsha.com) с указанием темы «статья в журнале Вестник Брянской ГСХА». Также направляется сопроводительное письмо, оформленное на бланке соответствующего учреждения с рекомендацией к публикации, если предоставляемые материалы являются результатом работы, выполненной в этой организации. При отправке по E-mail представлять печатный экземпляр необязательно. Так же можно отправить по E-mail отсканированный вариант рецензии. С аспирантов плата за публикацию рукописей не взимается.