

ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЯНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Брянский ГАУ)

ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Научный журнал

Издаётся с марта 2007 года

Выходит один раз
в два месяца

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
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).

№ 5 (99)
СЕНТЯБРЬ-ОКТАБРЬ 2023

СОДЕРЖАНИЕ АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Просьянников Е.В. Чрезвычайное переувлажнение пашни: причины и предотвращение	3
Смольский Е.В., Чесалин С.Ф., Чекин Г.В., Пургина А.В., Пасечник Н.М. Изменчивость агрохимических показателей серой лесной почвы в условиях проведения полевого опыта	8
Ториков В.Е., Мельникова О.В., Шпилев Н.С., Резунов А.А., Мельников Д.А. Управление продуктивностью посевов зерновых культур при проведении научных исследований и хозяйственной деятельности	13
Мальшева Е.В., Ториков В.Е. Реакция гибридов кукурузы на способы основной обработки почвы, уровень минерального питания и их адаптивность	21
Зайцева О.А., Дьяченко В.В., Симонов В.Ю., Никифоров В.М. Семенная продуктивность и параметры экологической пластичности и стабильности сои в условиях Брянской области	27
Харкевич Л.П., Ситнов Д.М., Адамко В.Н., Ситнов О.Д., Шаповалов В.Ф. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зеленой массы люцерны желтой в условиях радиоактивного загрязнения	31
Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Еремينا Н.А., Кашлева А.И. Семенная продуктивность <i>Allium L.</i> подрода <i>Melanocrommyum</i> при сохранении ex situ Воронежской и Московской областей	35

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Кривопушкин В.В., Кривопушкина Е.А. Формирование мясных форм и продуктивность бычков абердин-ангусской породы	44
Пестис П.В., Танана Л.А., Лебедько Е.Я. Характеристика убойных показателей чистопородных абердин-ангусских быков в зависимости от генотипов гена GDP – л – фукозосинтетаза (TSTA3)	49
Шепелев С.И., Яковлева С.Е., Малавко И.В. Эффективность применения премиксов при выращивании ремонтных телок голштинской породы	53
Башина С.И. Остаточный уровень тяжелых металлов в почках откормочных свиней в Брянской области	58

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Михальченко А.М., Бардадын Н.А., Лещев М.О., Самусенко В.И., Милютина Е.М. Процесс износа лемехов компании «Лемкен», восстановленных приваркой термоупрочненной режущей – лезвийной области	63
Васькин А.Н., Ракутько С.А. Расчет параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя	67

№ 4 (98)
SEPTEMBER-OCTOBER 2023

Prosyannikov E.V. Extreme waterlogging of arable land: causes and prevention.	3
Smol'sky E.V., Chesalin S.F., Chekin G.V., Purgina A.V., Pasechnik N.M. Variability of agrochemical indicators of gray forest soil under field experiment	8
Torikov V.E., Mel'nikova O.V., Shpilyov N.S., Rezunov A.A., Mel'nikov D.M. Managing the productivity of grain crops sowings when conducting scientific researches and economic activity	13
Malysheva E.V., Torikov V.E. The reaction of corn hybrids to the methods of basic tillage, the level of mineral nutrition and their adaptability	21
Zaitseva O.A., D'yachenko V.V., Simonov V.Yu., Nikiforov V.M. Seed productivity and parameters of ecological plasticity and stability of soybeans in the Bryansk region	27
Kharkevich L.P., Sitnov D.M., Adamko V.N., Sitnov O.D., Shapovalov V.F. Influence of mineral fertilizers on yield and quality of yellow alfalfa green mass under conditions of radioactive contamination	31
Ivanova M.I., Bukharov A.F., Eremina N.A., Kashleva A.I. Seed productivity of <i>Allium l.</i> subgenus <i>melanocrommyum</i> at ex situ conservation in the Voronezh and Moscow regions	35

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

Krivopushkin V.V., Krivopushkina E.A. Formation of meat forms and productivity of Aberdeen-Angus bull calves	44
Pestis P.V., Tanana L.A., Lebed'ko E.YA. Characteristics of slaughter indicators of pure bred Aberdeen-Angus bulls depending from the genotypes of the GDP – l – fucosynthetase (TTA3) gene	49
Shepelev S.I., Yakovleva S.E., Malayko I.V. The effectiveness of the use of premixes when raising holstein replacement heifers	53
Bashina S.I. Residual level of heavy metals in the kidneys of fattening pigs in the Bryansk region.	58

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Mikhal'chenkov A.M., Bardadyan N.A., Leshchyov M.O., Samusenko V.I., Milyutina E.M. Process of wearing lemken ploughshares restored by welding of thermo-hardened cutting - blade part	63
Alexander N. Vas'kin A.N., Rakut'ko S.A. Calculation of radiation environment parameters from light-emitting diode phytoirradiator	67

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

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. Малайко – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); О.В. Мельникова – 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); Е.В. Просянников – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); С.М. Сычев – д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); В.Ф. Шаповалов – 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.И. Купреенко – д-р техн. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); А.М. Михальченков – д-р техн. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); В.Н. Ожерельев – д-р с.-х. 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.В. Крапивина – д-р биол. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); 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); И.И. Усачев – д-р вет. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область).

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.

Учредитель: ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия, регистрационный номер ПИ № ФС77-28094 от 27 апреля 2007 г. Издание зарегистрировано в Национальном агентстве ISSN Российской Федерации, номер ISSN: 2500-2651.

Тираж 250 экз. Подписано к печати 17.10.2023.

Дата выхода в свет 24.10.2023.

Свободная цена.

Издатель: ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Адрес редакции и издательства: 243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, 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

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

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); O.V. Melnikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); A.V. Pasyнков – 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); E.V. Prosyannikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); S.M. Sychyov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); V.F. Shapovalov – 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.I. Kupreenko – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); A.M. Mihal'chenkov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); V.N. Ozherel'ev – Doctor of Agricultural 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.V. Krapivina – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); 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); I.I. Usachev – Doctor of Veterinary Science, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region).

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.
Founder: FSBEI HE Bryansk SAU.

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

Circulation of 250 copies. Signed to printing - 17.10.2023.

The release date is 24.10.2023.

Free price.

Publisher: FSBEI HE Bryansk SAU.

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

Научная статья
 УДК 631.432.22

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-3-7

ЧРЕЗВЫЧАЙНОЕ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЕ ПАШНИ: ПРИЧИНЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ

Евгений Владимирович Просьянников

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Изучены особенности чрезвычайного переувлажнения пашни Брянской области после обильных продолжительных дождей. Получены данные, свидетельствующие о болезни ее почв, обусловленной взаимовлиянием естественных причин и следующих аграрных воздействий: переуплотнением из-за нерациональной нагрузки ходовыми системами используемой техники. Разрушением водопрочных почвенных комков и зерен при обработке орудиями в состоянии не соответствующем физической спелости почвы. Снижением в пахотном горизонте содержания гумуса из-за интенсивной минерализации и недостаточного внесения исходных веществ его синтеза, а также низкой активности в ней ионов кальция, предохраняющих вновь образованный гумус от вымывания. Нарушением технологий применения агрохимикатов. Образованием плужной подошвы и не разрушением при наличии. Отмечено, что регулировать естественные причины переувлажнения пашни невозможно, к ним нужно приспособить агротехнику. Способы предотвращения вышеперечисленных деструктивных аграрных воздействий на почвы пашни известны дипломированным растениеводам. Очень важно применять их с учетом местных особенностей естественных причин переувлажнения, а также системно и агротехнически точно.

Ключевые слова: чрезвычайное переувлажнение пашни, естественные причины, аграрные воздействия на почвы, предотвращение.

Для цитирования: Просьянников Е.В. Чрезвычайное переувлажнение пашни: причины и предотвращение // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 3-7. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-3-7>.

Original article

EXTREME WATERLOGGING OF ARABLE LAND: CAUSES AND PREVENTION

Evgeny V. Prosyannikov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The features of extreme waterlogging of arable land in the Bryansk region after heavy prolonged rains have been studied. The data testifying to the disease of its soils due to the mutual influence of natural causes and the following agrarian impacts have been obtained: over-compaction due to the irrational load of undercarriage of the machinery used; destruction of water-resistant soil lumps and grains when cultivating with tools in a state that does not correspond to the workability of soil; a decrease in the humus content in the arable horizon due to intensive mineralization and insufficient introduction of the initial substances of its synthesis, as well as low activity of calcium ions in it, which protect the newly formed humus from leaching; violation of technologies for the use of agrochemicals; formation of a plow pan and not destruction if present. It is noted that it is impossible to regulate the natural causes of waterlogging of arable land, agricultural machinery must be adapted to them. Methods of preventing the above destructive agricultural impacts on arable soils are known to certified plant breeders. It is very important to apply them taking into account the local characteristics of the natural causes of waterlogging, as well as systematically and agrotechnically accurately.

Keywords: extreme waterlogging of arable land, natural causes, agricultural impacts on soils, prevention.

For citation: Prosyannikov E.V. Extreme waterlogging of arable land: causes and prevention. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 3-7 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-3-7>.

Введение. Весна и осень часто бывают критическими для растениеводов Центрального Черноземья из-за длительного переувлажнения пашни, не позволяющего нормально провести ни весенние полевые работы, ни убрать урожай. В 22 аграрных районах Брянской области [1] в 2022 году даже было объявлено чрезвычайное положение, так как техника не могла передвигаться по насыщенной водой пашне (рис. 1).

Причины переувлажнения пашни разные, по происхождению они бывают естественными и антропогенными. Естественные – обильные и продолжительные осадки, выпадающие на плоские поля с колебанием высот до 10 м и с затрудненным поверхностным и внутрипочвенным стоком, а также наличие под почвой в пределах одного метра слабоводопроницаемой почвообразующей породы (рис. 2). Антропогенные причины обусловлены аграрными воздействиями человека на почвы пашни.

Обычно переувлажнение почв пахотных земель имеет комплексный характер. Регулировать естественные причины практически невозможно, к ним нужно приспособить систему приемов возделывания растений (агротехнику). Аграрные причины зависят от деятельности человека.

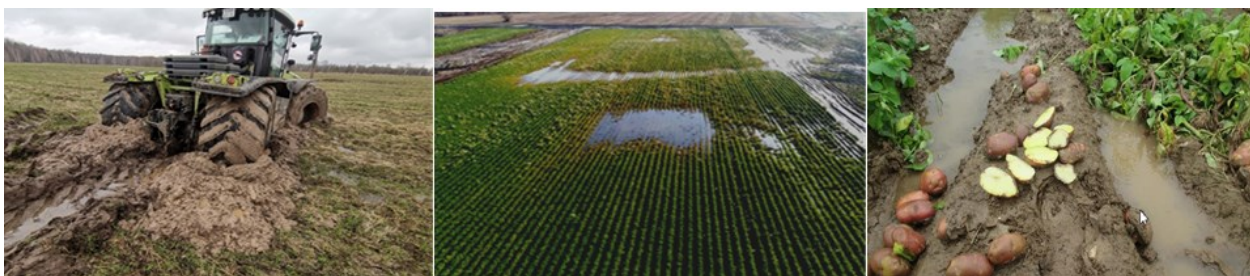
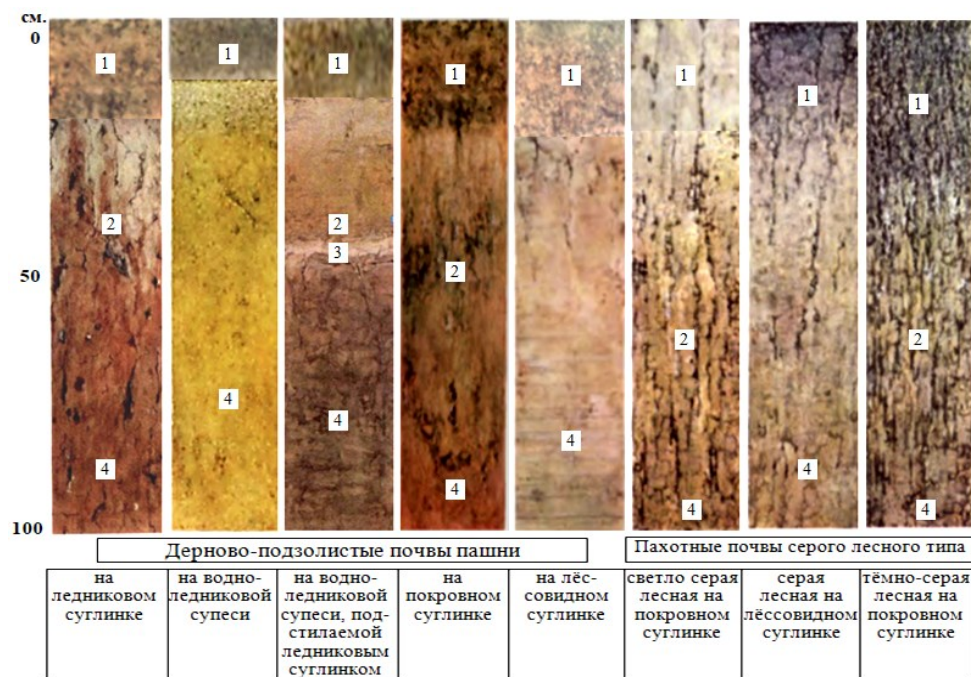


Рисунок 1 – Условия проведения полевых работ в Брянской области весной и осенью 2022 г.

Цель исследования выяснить особенности объективных причин переувлажнения пахотных земель в экстремальные по погодным условиям периоды года и разработать рекомендаций по недопущению этого негативного явления и устранению, если оно появилось.

Материалы и методы исследования. Изучали основные типы почв пахотных земель Брянской области, используя стандартные методы почвенных исследований [2, 3]. Для наглядного представления информации использовали источник [4] и рисунки из интернета.

Результаты и их обсуждение. В брянской пашне преобладают два типа почв: дерново-подзолистые и серые лесные, которые сформировались на пяти почвообразующих породах: ледниковом суглинке; водноледниковой супеси; водноледниковой супеси, подстилаемой ледниковым суглинком; покровном суглинке и лёссовидном суглинке (рис. 2).



Генетические горизонты профиля почв:

- 1 – пахотный горизонт (агροгоризонт), 2 – начало уплотнённого горизонта вымывания,
- 3 – оглеенный горизонт, 4 – почвообразующая (материнская) порода.

Рисунок 2 – Изображение профиля основных почв Брянской области

Почвообразующие породы залегают на разной глубине и по способности пропускать воду, располагаются в следующий убывающий ряд: водноледниковая супесь; лёссовидный суглинок; покровный суглинок; водноледниковая супесь, подстилаемая ледниковым суглинком; ледниковый суглинок (рис. 2).

Влага обильных и продолжительных осадков, двигаясь вниз по профилю почвы, заполняет все пустоты, вытесняя из них почвенный воздух. Переувлажненная почва особенно подвержена уплотнению. Стоит тяжелой технике лишь один раз проехать по полю при влажности выше оптимальной, как агрогоризонт почвы излишне уплотняется, вода выступает на поверхность поля, делая ее еще более мокрой.

Основной аграрной причиной уплотнения почвы пашни является разрушение ее ценной водопрочной комковато-зернистой структуры, образующейся при склеивании элементарных почвенных

частиц (ЭПЧ) активными соединениями гумуса при взаимодействии с ионами кальция. Избыток в почве влаги, нерациональное механическое воздействие ходовых систем техники и почвообрабатывающих орудий, снижение содержания активного гумуса и ионов кальция разрушают структурные комки и зерна до пылеватых ЭПЧ, из которых образуется глыбистая структура (рис. 3).

Установлено [5], что оптимальное содержание структурных водопрочных агрегатов (0,25-10 мм) составляет для нечерноземных почв 30-45 %. При этом в агрогоризонте доля агрегатов диаметром 0,25-30 мм должна достигать 80 %, а глыбистость не должна превышать 20 %. Такое состояние почвенной структуры обеспечивает: 1) наиболее благоприятный водно-воздушный режим благодаря рациональному сочетанию капиллярной и некапиллярной пористости; 2) активизацию микробиологических процессов мобилизации питательных веществ и предотвращает газообразные потери азота; 3) уменьшение смыва и размыва почвы из-за перевода поверхностного стока воды во внутрипочвенный сток; 4) снижение энергетических затрат на механическую обработку почвы, создавая предпосылки для ее минимизации; 5) облегчение прорастания семян и распространение корней растений.



1 – зернистые (0,05-5 мм); 2 – комковатые (5-50 мм); 3 – глыбистые (50-100 мм и более)
Рисунок 3 – Виды структурных агрегатов агрогоризонта почвы.

Невозможно обеспечивать оптимальную структуру агрогоризонта почвы не поддерживая на должном уровне содержание гумуса (табл. 1).

Таблица 1 – Группировка почв пашни по содержанию гумуса, % [6]

Почва	Гумусированность агрогоризонта почвы			
	меньше минимальной	слабая	средняя	сильная
Агродерново-подзолистые песчаные и супесчаные	< 0,3-0,8	0,8-1,5	1,5-2,3	> 2,3
легко- и среднесуглинистые	< 0,6-1,3	1,3-2,1	2,1-3,0	> 3,0
тяжелосуглинистые и глинистые	< 0,9-1,6	1,6-2,4	2,4-3,4	> 3,4
Агросерые лесные				
песчаные, супесчаные и легкосуглинистые	< 1,2-2,0	2,0-2,9	2,9-3,9	> 3,9
среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые	< 1,6-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5

При гумусированности меньше минимальной плотность и структурное состояние агрогоризонта почвы приближаются к показателям почвообразующей породы, то есть почва перестает быть почвой (табл. 1).

Результаты мониторинговых наблюдений Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский» [7] свидетельствуют, что в среднем по области почвы пашни в 2015 году содержали 2,06 % гумуса, в 2016 году величина рН составляла 5,70. В 2015 году в области был отрицательным баланс гумуса (-434), кальция (-434), фосфора (-13,3) и калия (-46,7). Такое состояние почвы – «самостоятельного естественно-исторического органо-минерального природного тела..., создающего для роста и развития растений соответствующие условия», можно оценить как сильно болезненное. К 2021 году здоровье почв пашни постепенно стало улучшаться. Баланс в среднем по области хотя и остался отрицательным: гумус (-211), калий (-27,0), кальций (-10), но в меньшей степени, чем в 2015 году. Снизилось содержание гумуса до 1,95 % и величина рН до 5,57 [8].

В результате нерациональных механических и химических аграрных воздействий, почва уплотняется, разрушаются структурные почвенные агрегаты, а мелкопылеватые и илистые ЭПЧ вымываются вниз по профилю пока не застрянут в мелких порах. Аккумулируясь в нижней части профиля, они формируют плотный плохо водопроницаемый горизонт вымывания (табл. 2).

Таблица 2 – Плотность почвы ($\text{г}/\text{см}^3$) / содержание мелкопылеватых ЭПЧ / содержание илистых ЭПЧ (% на абсолютно сухую почву) в Брянской области

Естественные дерново-подзолистые почвы			Пахотные дерново-подзолистые почвы		
горизонты и почвообразующая порода	на водноледниковой супеси	на водноледниковой супеси, подстилаемой в пределах 1 м ледниковым суглинком	горизонты и почвообразующая порода	на водноледниковой супеси	на водноледниковой супеси, подстилаемой в пределах 1 м ледниковым суглинком
Гумусовый	1,49 / 6 / 3	1,30 / 4 / 3	Пахотный	1,64 / 7 / 2	1,59 / 4 / 2
Вымывания	1,68 / 4 / 4	1,50 / 4 / 2	Вымывания	1,77 / 3 / 4	
Вмывания	1,73 / 4 / 11	1,71 / 6 / 3	Вмывания	1,79 / 3 / 14	1,79 / 3 / 1
Порода	1,84 / 3 / 5	1,68 / 7 / 2	Порода	1,77 / 3 / 5	1,76 / 3 / 1
Естественные серые лесные почвы			Пахотные серые лесные почвы		
горизонты и почвообразующая порода	на лёссовидном карбонатном суглинке	со вторым гумусовым горизонтом на лёссовидном бескарбонатном суглинке	горизонты и почвообразующая порода	на лёссовидном карбонатном суглинке	со вторым гумусовым горизонтом на лёссовидном бескарбонатном суглинке
Гумусовый	1,30 / 10 / 10	1,27 / 8 / 12	Пахотный	1,48 / 7 / 14	1,50 / 13 / 11
Вымывания	1,44 / 6 / 18	1,24 / 10 / 11	Вымывания	1,53 / 6 / 14	1,24 / 12 / 15
Вмывания	1,37 / 5 / 15	1,57 / 7 / 10	Вмывания	1,41 / 5 / 13	1,54 / 9 / 10
Порода	1,36 / 7 / 11	1,60 / 8 / 12	Порода	1,37 / 7 / 10	1,65 / 9 / 12

Исследованиями установлено [9], что оптимальные показатели плотности почв для большинства возделываемых культур находятся в следующих интервалах: 1,1-1,3 $\text{г}/\text{см}^3$ для суглинистых и глинистых по гранулометрическому составу почв; 1,2-1,4 $\text{г}/\text{см}^3$ для легкосуглинистых; 1,3-1,5 $\text{г}/\text{см}^3$ для супесчаных и песчаных почв. Нижние пределы диапазонов плотности оптимальны для требовательных к сложению почв пропашных культур, а также для условий повышенного увлажнения. Верхние пределы – оптимальны для менее требовательных зерновых культур сплошного сева и условий пониженного увлажнения.

К химическим аграрным воздействиям, разрушающим структурные почвенные агрегаты, относят недостаточное внесение в почву исходных органических веществ для образования гумуса (навоз, компост, сидерат, солома и др.), низкую активность ионов кальция, применение нерационально высоких доз кислых минеральных удобрений (сульфат аммония, хлорид аммония, аммиачная селитра, мочевины, гидрокарбонат аммония, сульфат калия, хлорид калия и др.), а также нарушение технологии известкования кислых почв и применения пестицидов.

Еще одна причина переувлажнения агрогоризонта при обильных и продолжительных осадках, это накопительное переуплотнение на границе агрогоризонта и подагрогоризонта, называемое плужной подошвой. Образуется этот значительно уплотненный слой толщиной в несколько сантиметров в результате постоянной обработки почвы плугом на одинаковую глубину. Такое механическое воздействие разрушает структурные почвенные агрегаты, состоящие из склеенных гумусом мелкопылеватых и илистых ЭПЧ.

Мелкопылеватая фракция ЭПЧ (0,005-0,001 мм) образована первичными и вторичными минералами, по содержанию гумуса близка к илистой фракции, способна к коагуляции и структурообразованию, но в гораздо меньшей степени, чем илистая. Неагрегированная мелкая пыль уплотняет почву, увеличивает набухаемость, усадку и трещиноватость, ухудшает водопроницаемость.

Илистая (тонкодисперсная) фракция (менее 0,001 мм) наиболее активна из ЭПЧ, так как обогащена гумусом и глинистыми минералами. Она создает водопрочность структурных агрегатов и поглощательную способность почвенного поглощающего комплекса (ППК). Но воздействие ила на почву становится негативным в следующих случаях: при очень малом количестве гумуса и высоком содержании глинистых минералов; при развитии восстановительных почвенных процессов в результате переувлажнения; при значительном насыщении ППК ионами водорода, аммония и калия.

Для предотвращения образования плужной подошвы и её устранения используют систему дифференцированной обработки почвы: наряду с отвальной обработкой плугом применяют различные безотвальные чизельные орудия, которые, имея значительно меньшую площадь соприкосновения с подагрогоризонтом, слабее и не по всей плоскости уплотняют почву под ним, улучшая ее водопроницаемость [10].

Заключение. Результаты изучения особенностей чрезвычайного переувлажнения пашни Брянской области после обильных продолжительных дождей свидетельствуют, что это негативное явление, снизившее способность почв вмещать влагу и обеспечивать ее отток в вертикальном и горизонтальном направлениях, обусловлено не только естественными причинами, но и следующими деструктивными аграрными воздействиями. Первое, переуплотнение почв в результате нерациональной нагрузки ходовыми системами используемой техники. Второе, разрушение ценных водопрочных почвенных комков и зерен

при обработке орудиями в состоянии не соответствующем физической спелости почвы. Третье, снижение в пахотном горизонте содержания гумуса из-за интенсивной минерализации и недостаточного внесения исходных веществ для его образования. Четвертое, низкая активность ионов кальция, закрепляющих на месте образования свежие гумусовые вещества, формирующие агрономически ценную почвенную структуру. Пятое, применение химических мелиорантов, кислых минеральных веществ, содержащих элементы корневого питания растений, и пестицидов с нарушением технологий внесения. Шестое, недопущение образования плужной подошвы и не разрушение ее при наличии. Регулировать естественные причины переувлажнения пашни после чрезвычайного переувлажнения невозможно, к ним нужно приспособить агротехнику. Способы предотвращения вышеперечисленных деструктивных аграрных воздействий на почвы известны дипломированным растениеводам. Очень важно применять их с учетом местных особенностей естественных причин переувлажнения, а также системно и агротехнически точно.

Список источников

1. Режим ЧАС ввели в 22 аграрных районах Брянской области из-за переувлажнения почвы дождями URL: <https://xn--80aevxvfbnpl.xn--p1ai/rejim-chs-vveli-v-22-agrarnyh-raionah-brianskoi-oblasti-iz-za-pereuvlajneniia-pochvy-dojdia> (дата обращения: 09.08.2023).
2. Мамонтов В.Г. Методы почвенных исследований: учебник для вузов. СПб.: Лань, 2021. 260 с.
3. Агрофизические и агрохимические методы исследования почв: учебно-методическое пособие / сост. В.И. Терпелец, В.Н. Слюсарев. Краснодар: КубГАУ, 2016. 65 с.
4. Атлас почв СССР / под общ. ред. И.С. Кауричева, И.Д. Громыко. М.: Колос, 1974. 168 с.
5. Бондарев А.Г. Физика и механика почв в решении современных проблем почвенного плодородия // Почвоведение: аспекты, проблемы, решения: науч. тр. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2003. 620 с.
6. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 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. Прудников П.В., Пашковский А.А., Лелянова Е.Н. Агроэкологическая характеристика почв, экономическая эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 11. С. 10–20.
9. Бондарев А.Г. Теоретические основы и практика оптимизации физических условий плодородия почв // Почвоведение. 1994. № 11. С. 10–15.
10. Земледелие. Сельскохозяйственные машины. Плуг. URL: <https://universityagro.ru/> (дата обращения: 29.08.2023).

References

1. *Rezhim CHAS vveli v 22 agrarnykh rayonakh Bryanskoy oblasti iz-za pereuvlajzheniya pochvy dozhdymi* URL: <https://xn--80aevxvfbnpl.xn--p1ai/rejim-chs-vveli-v-22-agrarnyh-raionah-brianskoi-oblasti-iz-za-pereuvlajneniia-pochvy-dojdia> (data obrashcheniya: 09.08.2023).
2. *Mamontov V.G. Metody pochvennykh issledovaniy: uchebnyk dlya vuzov. SPb.: Lan', 2021. 260 s.*
3. *Agrofizicheskiye i agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv: uchebno-metodicheskoye posobiye / sost. V.I. Terpelets, V.N. Slyusarev. Krasnodar: KubGAU, 2016. 65 s.*
4. *Atlas pochv SSSR / pod obshch. red. I.S. Kauricheva, I.D. Gromyko. M.: Kolos, 1974. 168 s.*
5. *Bondarev A.G. Fizika i mekhanika pochv v reshenii sovremennykh problem pochvennogo plodorodiya // Pochvovedeniye: aspekty, problemy, resheniya: nauch. tr. M.: Pochv. in-t im. V.V. Dokuchayeva, 2003. 620 s.*
6. *Semenov V.M., Kogut B.M. Pochvennoye organicheskoye veshchestvo. M.: GEOS, 2015. 233 s.*
7. *Chekmarev P.A., Prudnikov P.V. Agrokhimicheskoye i agroekologicheskoye sostoyaniye pochv, effektivnost' primeneniya sredstv khimizatsii i novykh kompleksnykh udobreniy v Bryanskoy oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. T. 30, № 7. S. 24-33.*
8. *Prudnikov P.V., Pashkovskiy A.A., Lelyanova Ye.N. Agroekologicheskaya kharakteristika pochv, ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya sredstv khimizatsii i novykh kompleksnykh udobreniy v Bryanskoy oblasti // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2022. T. 36, № 11. S. 10–20.*
9. *Bondarev A.G. Teoreticheskkiye osnovy i praktika optimizatsii fizicheskikh usloviy plodorodiya pochv // Pochvovedeniye. 1994. № 11. S. 10–15.*
10. *Zemledeliye. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny. Plug. URL: https://universityagro.ru/ (data obrashcheniya: 29.08.2023).*

Информация об авторе:

Е.В. Просянников – 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 29.08.2023; одобрена после рецензирования 05.10.2023, принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 29.08.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 10.10.2023.

© Просянников Е.В.

Научная статья
УДК 631.45:631.8(571.6)

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-8-13

ИЗМЕНЧИВОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВОГО ОПЫТА

Евгений Владимирович Смольский, Сергей Федорович Чесалин, Геннадий Владимирович Чекин
Анастасия Вячеславовна Пургина, Наталья Михайловна Пасечник
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Проведение агрохимического исследования серой лесной почвы в условиях проведения полевого опыта и оценку полученных результатов проводили в период 2022-2023 годы. Изучаемое поле в полевом севообороте характеризуется достаточно сложным рельефом, что существенным образом действует на содержание органического вещества и элементов питания, тем самым обуславливает невыравненность почвенного плодородия рассматриваемого участка. Исходя из агрохимического обследования данного участка, выявлены изменения состояния органического вещества почв, кислотности. Установлено, что наименьшие колебания средних показателей плодородия серой лесной почвы наблюдали по обменной кислотности и содержания органического вещества, наибольшие – по содержанию подвижного фосфора и калия. Выявлена средняя обратная связь между обменной кислотностью и содержанием органического вещества и подвижного фосфора, обнаружили среднюю положительную связь между содержанием органического вещества и подвижного фосфора. Расчёт потенциальной урожайности показал, что содержания подвижного фосфора в серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ обеспечивает наибольшую потенциальную урожайность полевых культур, а ограничивает урожайность полевых культур содержание в почве подвижного калия. Это необходимо учитывать при планировании полевых опытов и разработке системы удобрения. При закладке полевого опыта на уравнивательных посевах необходимо проводить мероприятия по корректировке содержания подвижного фосфора и калия, а также планировать агроприемы, направленные на повышение содержания органического вещества в почве и снижения уровня почвенной кислотности.

Ключевые слова: серая лесная почва, гумус, элементы питания, кислотность, вариация, корреляция, потенциальная урожайность.

Для цитирования: Смольский Е.В., Чесалин С.Ф., Чекин Г.В., Пургина А.В., Пасечник Н.М. Изменчивость агрохимических показателей серой лесной почвы в условиях проведения полевого опыта // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 8-13. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-8-13>.

Original article

VARIABILITY OF AGROCHEMICAL INDICATORS OF GRAY FOREST SOIL UNDER FIELD EXPERIMENT

Evgeny V. Smol'sky, Sergei F. Chesalin, Gennady V. Chekin,
Anastasiya V. Purgina, Natal'ya M. Pasechnik
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The agrochemical research of gray forest soil under the conditions of field experiment and the assessment of the results obtained were carried out in the period 2022-2023. The studied field in the field crop rotation is characterized by a rather complex relief, which significantly affects the content of organic matter and nutrients, thereby causing the unevenness of the soil fertility of the site under consideration. Based on the agrochemical survey of this site, changes in the state of soil organic matter and acidity were revealed. It has been established that the smallest fluctuations in the average fertility of gray forest soil were observed in terms of exchange acidity and organic matter content, and the largest in terms of mobile phosphorus and potassium content. An average inverse relationship between metabolic acidity and the content of organic matter and mobile phosphorus was revealed, and an average positive relationship between the content of organic matter and mobile phosphorus was found. The calculation of the potential yields showed that the content of mobile phosphorus in the gray forest soil of the experimental field of the Bryansk State Agrarian University provides the highest potential yields of field crops, and the content of mobile potassium in the soil limits the yields of field crops. This must be taken into account when planning field experiments and developing a fertilization system. When laying field experiment on test sowing, it is necessary to take measures to adjust the content of mobile phosphorus and potassium, as well as to plan agricultural practices aimed at increasing the content of organic matter in the soil and reducing the level of soil acidity.

Keywords: gray forest soil, humus, nutrients, acidity, variation, correlation, potential yields.

For citation: Smol'sky E.V., Chesalin S.F., Chekin G.V., Purgina A.V., Pasechnik N.M. Variability of agrochemical indicators of gray forest soil under field experiment. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (5): 8-13 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-8-13>.

Введение. Земля, являясь основным средством производства растениеводческой продукции в конкретном хозяйственном объекте, определяется плодородием – совокупностью свойств почвы обеспечивающие потребность растений в факторах жизни [1, 2].

Отечественные исследования свидетельствует, что формирование высокой продуктивности сельскохозяйственных угодий и получения растениеводческой продукции хорошего качества возможны только при комплексном учете экологических и агрохимических показателей, необходимых для роста и развития растений [3-5].

Проведение агрохимического обследований и мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения является весьма актуальным в современных экономических условиях, обеспечивающие оптимальное применения минерального удобрения согласно потребностям растений и планируемой урожайности [6-9].

Цель исследований – определение показателей плодородия почвы серой лесной почвы и их вариации в условиях проведения полевого эксперимента опытного поля Брянского ГАУ и интерпретация полученных данных.

Материалы и методы исследования. Исследования плодородия серой лесной почвы и её роль в формировании урожая полевых культур проводили в 2022-2023 годах в полевом севообороте: картофель → яровая пшеница → сахарная свекла (цикорий корневой) → ячмень яровой. Площадь опытной делянки картофеля, яровой пшеницы и ячменя составила 74 м², сахарной свеклы и цинория корневого соответственно 58 и 16 м², повторность – четырехкратная. Схема применения опыта предусматривала 6 вариантов применения удобрения.

Почвенно-агрохимическое обследование опытного поля было проведено в на выделенном участке площадью 11409 м². При отборе объединенных почвенных проб (25–30 индивидуальных, отобранных пробоотборником почвенным тростевым на глубину 0-20 см), использовался метод маршрутных ходов, которые прокладывались по средней линии каждой опытной делянки. Масса объединенной пробы около 300 г. Отбор объединенных проб почвы проводили с каждой элементарного участка. Всего отобрано 96 объединенных проб образцов почвы. Отбор почвенных проб проводили согласно действующему ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб».

Участок расположен в пределах с. Кокино, Выгоничского района Брянской области (Брянское ополье). Рельеф Брянского ополья представляет собой возвышенную платообразную равнину, резко ограниченную с севера, востока и юго-востока крутым склоном долины Десны.

В почвенных образцах, по общепринятым методикам определяли: обменную кислотность, органическое вещество, подвижные формы фосфора и калия.

Оценку обеспеченности почв элементами питания проводили согласно методических указаний по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения.

Расчет потенциальной урожайности полевых культур в условиях опытного поля Брянского ГАУ проводили по агрохимическим показателям почвенного плодородия [10].

Статистическую обработку полученных результатов проводили по методике опытного дела Б.А. Доспехова [11].

Результаты и их обсуждение. Исследования агрохимических показателей серой лесной почвы опытного поля Брянского ГАУ, на котором возделывали сельскохозяйственные культуры, проводили до внесения средств химизации. Агрохимические показатели плодородия почв имели различную пространственную изменчивость. В зависимости от агрохимического показателя изменчивость колебалась от слабой ($V < 10\%$) до сильной ($V > 20\%$). По-видимому, это связано с местоположением опытного участка на микрорельефе поля.

Обменная кислотность по опытным участкам полевого опыта колебалась от 4,57 до 5,61 ед., размах варьирования –1,04 ед. Изменчивость показателя, как по вариантам, так и по повторностям была меньше 10 %, что говорит о незначительной изменчивости данного показателя (табл. 1).

Содержание органического вещества по участкам полевого опыта колебалось от 0,90 до 2,73 %, размах варьирования – 1,82 %. Изменчивость содержания органического вещества, как по вариантам, так и по повторностям изменялось от 4 до 32 %, что говорит о колебании изменчивости данного показателя от незначительной до сильной. По-видимому, это связано с местоположением опытного участка на микрорельефе поля, так в понижениях наблюдали наибольшее содержание органического вещества, в трансэлювиальных позициях наименьшее (табл. 1).

Таблица 1 – Изменчивость кислотности и органического вещества в условиях проведения полевого опыта

Культура	Обменная кислотность, ед.						Среднее	V, %	С _{орг.} , %						Среднее	V, %
	1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6		
Картофель	5,29	5,12	5,09	4,99	5,00	4,96	5,08	2	1,81	1,86	1,88	1,68	1,77	1,60	1,77	6
	4,86	4,81	4,95	4,98	5,08	5,07	4,96	2	1,39	1,42	1,21	1,29	1,42	1,36	1,35	6
	5,26	5,17	5,10	5,08	5,04	5,17	5,14	2	1,25	1,10	1,22	1,11	1,27	1,42	1,23	9
	5,03	5,30	5,16	5,18	5,33	5,61	5,27	4	0,96	0,97	0,90	1,17	1,32	1,16	1,08	15
Среднее	5,11	5,10	5,08	5,06	5,11	5,20	–	–	1,35	1,34	1,30	1,31	1,44	1,39	–	–
V, %	4	4	2	2	3	5	–	–	26	29	32	19	16	13	–	–
Яровая пшеница	5,40	5,42	5,49	5,50	5,48	5,27	5,43	2	1,40	1,50	1,58	1,44	1,71	1,53	1,53	7
	5,17	5,37	5,28	5,21	5,29	4,87	5,20	3	1,31	1,55	1,93	1,75	1,59	1,46	1,60	14
	4,95	5,00	5,02	5,10	4,96	4,81	4,97	2	1,65	1,37	1,64	1,50	1,74	2,12	1,67	15
	4,84	4,88	4,80	4,91	4,91	4,94	4,88	1	1,78	1,53	1,76	1,59	1,72	1,69	1,68	6
Среднее	5,09	5,17	5,15	5,18	5,16	4,97	–	–	1,54	1,49	1,73	1,57	1,69	1,70	–	–
V, %	5	5	6	5	5	4	–	–	14	5	9	9	4	17	–	–
Сахарная свекла (Цикорий корневой)	4,98	5,39	5,06	5,03	5,06	5,31	5,14	3	1,72	1,69	2,10	2,33	1,91	1,68	1,90	14
	5,04	5,28	5,20	5,03	4,96	5,00	5,09	2	1,91	1,60	1,53	2,05	1,30	1,71	1,68	16
	4,85	5,11	5,08	5,30	5,32	5,12	5,13	3	1,96	1,78	1,60	1,68	1,83	2,08	1,82	10
	5,23	5,18	5,20	5,11	4,74	4,57	5,01	6	1,71	1,80	1,82	1,55	1,93	1,56	1,73	9
Среднее	5,03	5,24	5,14	5,12	5,02	5,00	–	–	1,82	1,72	1,76	1,90	1,74	1,76	–	–
V, %	3	2	1	2	5	6	–	–	7	5	14	19	17	13	–	–
Ячмень	4,59	4,76	4,79	4,85	4,94	4,91	4,81	3	2,02	1,65	2,01	1,79	1,84	1,93	1,87	8
	4,91	4,86	4,87	4,85	4,79	4,98	4,88	1	1,82	2,49	2,10	2,13	1,95	1,92	2,07	11
	5,10	4,96	4,77	4,81	5,17	5,03	4,97	3	1,96	2,73	1,81	1,77	1,78	1,96	2,00	18
	5,11	5,29	5,02	5,18	5,18	5,13	5,15	2	1,69	1,56	1,86	1,62	1,83	1,75	1,72	7
Среднее	4,93	4,97	4,86	4,92	5,02	5,01	–	–	1,87	2,11	1,94	1,83	1,85	1,89	–	–
V, %	5	5	2	4	4	2	–	–	8	28	7	12	4	5	–	–

Содержание подвижного фосфора по участкам полевого опыта колебалось от 221,2 до 418,3 мг/кг, размах варьирования – 197,1. Изменчивость содержания подвижного фосфора, как по вариантам, так и по повторностям изменялась от 5 до 19 %, что говорит о колебании изменчивости данного показателя от незначительной до средней.

Таблица 2 – Изменчивость подвижного фосфора и калия в условиях проведения полевого опыта

Культура	Подвижный фосфор, мг/кг						Среднее	V, %	Подвижный калий, мг/кг						Среднее	V, %
	1	2	3	4	5	6			1	2	3	4	5	6		
Картофель	311	293	309	265	325	326	305	7	176	171	116	141	171	181	159	16
	317	318	320	309	295	265	304	7	176	176	121	190	161	146	162	15
	292	363	282	288	288	295	301	10	166	289	171	146	280	205	209	29
	221	325	262	300	262	277	274	13	270	151	190	190	205	166	195	21
Среднее	285	325	293	290	292	291	–	–	197	197	150	167	204	174	–	–
V, %	15	9	9	6	9	9	–	–	25	32	24	16	26	14	–	–
Яровая пшеница	265	267	275	276	284	300	278	5	141	151	171	171	161	190	164	11
	295	304	319	343	334	351	324	7	200	230	220	190	215	176	205	10
	337	302	299	292	322	309	310	5	190	171	181	161	200	141	174	12
	332	308	341	330	330	328	328	3	200	171	190	161	166	166	176	9
Среднее	307	296	308	310	317	322	–	–	183	181	190	171	185	168	–	–
V, %	11	6	9	10	7	7	–	–	16	19	11	8	14	12	–	–
Сахарная свекла (Цикорий корневой)	333	329	310	312	330	356	328	5	235	205	171	181	195	195	197	11
	336	330	341	349	358	387	350	6	181	215	190	195	265	210	209	14
	392	414	398	360	357	353	379	7	280	285	210	210	250	255	248	13
	331	314	320	324	332	308	321	3	280	181	210	245	299	210	237	19
Среднее	348	347	342	336	344	351	–	–	244	221	195	208	252	218	–	–
V, %	8	13	12	7	5	9	–	–	19	20	10	13	17	12	–	–
Ячмень	322	302	321	290	272	271	296	8	230	141	151	195	131	161	168	22
	289	321	342	372	406	409	356	13	205	235	220	205	285	265	236	14
	418	378	418	371	296	314	366	14	280	200	235	190	181	205	215	17
	285	276	275	280	322	353	298	11	126	116	151	121	161	190	144	20
Среднее	328	319	339	328	324	337	–	–	210	173	189	178	189	205	–	–
V, %	19	13	18	15	18	17	–	–	30	31	24	22	35	21	–	–

Содержание подвижного калия по участкам полевого опыта колебалось от 116,6 до 299,8 мг/кг, размах варьирования – 183,3. Изменчивость содержания подвижного калия, как по вариантам, так и по повторностям изменялось от 8 до 35 %, что говорит о колебании изменчивости данного показателя от незначительной до сильной. По-видимому, это связано с местоположением опытного участка на микрорельефе поля, так в понижениях наблюдалось наибольшее содержание подвижного фосфора и калия, в трансэлювиальных экспозициях - наименьшее (табл. 2).

Установлено, что наименьшие колебания средних показателей плодородия серой лесной почвы наблюдали у обменной кислотности и содержания органического вещества, наибольшие – у содержания подвижного фосфора и калия.

Степень кислотности серой лесной почвы в среднем по участкам под сахарной свеклой, ячменем была среднекислой, а под яровой пшеницей и картофелем слабокислой, наблюдали слабую изменчивость ($V < 10\%$), как по участкам поля, так и всего поля в целом.

Обеспеченность серой лесной почвы подвижным фосфором в среднем по участкам под полевыми культурами и целиком поле была очень высокой (более 250 мг/кг), наблюдали от слабой до средней изменчивости данного показателя по участкам и среднюю – по полю в целом (табл. 3).

Таблица 3 – Средние агрохимические показатели почвы (поля) участков полевого севооборота

Участки под культурами	Обменная кислотность, ед.	V, %	Гумус, %	V, %	Подвижный фосфор, мг/кг	V, %	Подвижный калий, мг/кг	V, %
Картофель	5,11	3	1,36	21	297	10	182	24
Яровая пшеница	5,12	5	1,62	11	311	8	180	13
Сахарная свекла (Цикорий корневой)	5,09	4	1,78	13	345	8	223	17
Ячмень	4,95	3	1,92	14	330	15	191	26
Поле целиком	5,07	4	1,67	19	320	12	194	22

Обеспеченность серой лесной почвы подвижным калием в среднем по участкам под картофелем, яровой пшеницы и ячменя была высокой, и под сахарной свеклой – очень высокой и целиком поле была высокой, наблюдали от средней до сильной изменчивости данного показателя по участкам и сильную – по полю в целом (табл. 3).

Обеспеченность серой лесной почвы органическим веществом в среднем по участкам под полевыми культурами и целиком поле была очень низкая, наблюдали от средней до сильной изменчивости данного показателя по участкам и среднюю – по полю в целом (табл. 3).

Проведенный корреляционный анализ между агрохимическими показателями плодородия серой лесной почвы выявил среднюю обратную связь между обменной кислотностью и содержанием органического вещества и подвижного фосфора, что в первом случае связано с угнетением почвенной микрофлоры при гумусообразовании, а во втором случае с химической фиксацией подвижного фосфора при повышенной кислотности.

Также обнаружили среднюю положительную связь между содержанием органического вещества и подвижного фосфора, что связано с поступлением минерального фосфора при минерализации органического вещества.

Агрохимические показатели серой лесной почвы участков опытного поля потенциально позволяют получать урожайность: картофеля 7-44; яровой пшеницы 1,7-3,3; сахарной свеклы и цикория корневого 29-94; ячменя 1,7-4,2 т/га, установили, что урожайность полевых культур ограничивает содержание в почве подвижного калия (табл. 4).

Таблица 4 – Потенциальная урожайность полевых культур, т/га

Показатель	Картофель	Яровая пшеница	Сахарная свекла	Цикорий корневой	Яровой ячмень
Урожайность по азоту	15,3	3,3	34,9	49,2	3,1
Урожайность по фосфору	44,6	4,0	51,8	94,1	4,2
Урожайность по калию	7,7	1,7	15,4	29,7	1,7

Расчёт потенциальной урожайности показал, что содержания подвижного фосфора в серой лесной почве опытного поля Брянского ГАУ обеспечивает наибольшую потенциальную урожайность полевых культур, при планировании полевых опытов при разработке систем удобрения это необходимо учитывать.

Заключение. Изучаемое поле в полевом севообороте имеет достаточно сложный рельеф, что существенным образом сказывается на содержании органического вещества и элементов питания и обуславливая невыравненность почвенного плодородия участка.

Исходя из агрохимического обследования участка, выявлены проблемы в состоянии органического вещества почв, кислотности. Установили, что наименьшие колебания средних показателей плодородия серой лесной почвы наблюдали по обменной кислотности и содержанию органического вещества, наибольшие – по содержанию подвижного фосфора и калия.

Выявили среднюю обратную связь между обменной кислотностью и содержанием органического вещества и подвижного фосфора, а также обнаружили среднюю положительную связь между содержанием органического вещества и подвижного фосфора.

Установили, что получение потенциально высокой урожайности полевых культур ограничивается содержанием в почве подвижного калия.

При закладке полевого опыта на уровнительных посевах необходимо проводить мероприятия по корректировке содержания подвижного фосфора и калия, а также планировать агроприемы, направленные на повышение содержания органического вещества в почве и снижения уровня почвенной кислотности.

Список источников

1. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
2. Просянных Е.В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 13–17.
3. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2006. 432 с.
4. Биологическая активность серых лесных почв агроэкосистем Стародубского и Брянского ополей / Е.В. Просянных, О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, Д.М. Мельников // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 2 (31). С. 17–25.
5. Просянных Е.В., Малявко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 45–49.
6. Приемы регулирования гумусового состояния дерново-подзолистых песчаных почв / М.Г. Драганская, В.Б. Коренев, Н.М. Белоус, В.В. Чаплыгина // Агрохимический вестник. 2009. № 3. С. 16–18.
7. Девятова Т.А., Щербаков А.П. Изменение физико-химических и агрохимических свойств черноземов Центра Русской равнины при их сельскохозяйственном использовании // Агрохимия. 2006. № 4. С. 5–8.
8. Драганская М.Г., Белоус Н.М. Фосфатный режим дерново-подзолистой песчаной почвы на фоне разных систем удобрения // Проблемы агрохимии и экологии. 2009. № 2. С. 10–13.
9. Нурiev С.Ш., Шакиров В.З., Лукманов А.А. Кислотность почв и баланс кальция и магния в земледелии Республики Татарстан // Агрохимический вестник. 2006. № 3. С. 3–4.
10. Мельникова О.В., Ториков В.Е., Наумова М.П. Производство продукции растениеводства. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. 46 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Mineyev V.G. *Agrokhimiya: uchebnik*. M.: Izd-vo VNIIA im. D.N. Pryanishnikova, 2017. 854 s.
2. Prosyannikov Ye.V. *Agrokhimicheskiye aspekty ustoychivogo zemledeliya* // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2019. № 5. S. 13–17.
3. Belous N.M., Shapovalov V.F. *Produktivnost' pashni i reabilitatsiya peschanykh pochv*. Bryansk: Izd-vo Bryanskaya GSKHA, 2006. 432 s.
4. *Biologicheskaya aktivnost' serykh lesnykh pochv agroekosistem Starodubskogo i Bryanskogo opoliy* / Ye.V. Prosyannikov, O.V. Mel'nikova, V.Ye. Torikov, D.M. Mel'nikov // *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*. 2020. № 2 (31). S. 17–25.
5. Prosyannikov Ye.V., Malyavko G.P., Mameyev V.V. *Sovremennoye sostoyaniye prirodnnykh resursov rasteniyevodstva Bryanskoj oblasti* // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2021. № 6. S. 45–49.
6. *Priemy regulirovaniya gumusovogo sostoyaniya dernovo-podzolistykh peschanykh pochv* / M.G. Dragan-skaya, V.B. Korenev, N.M. Belous, V.V. Chaplygina // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2009. № 3. S. 16–18.
7. Devyatova T.A., Shcherbakov A.P. *Izmeneniye fiziko-khimicheskikh i agrokhimicheskikh svoystv chernozemov Tsentra Russkoy ravniny pri ikh sel'skokhozyaystvennom ispol'zovanii* // *Agrokhimiya*. 2006. № 4. S. 5–8.
8. Dragan'skaya M.G., Belous N.M. *Fosfatnyy rezhim dernovo-podzolistoy peschanoy pochvy na fone raznykh sistem udobreniya* // *Problemy agrokhimii i ekologii*. 2009. № 2. S. 10–13.
9. Nuriyev S.SH., Shakirov V.Z., Lukmanov A.A. *Kislotnost' pochv i balans kal'tsiya i magniya v zemledelii Respubliki Tatarstan* // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2006. № 3. S. 3–4.
10. Mel'nikova O.V., Torikov V.Ye., Naumova M.P. *Proizvodstvo produktii rasteniyevodstva*. Bryansk: Izd-vo Bryanskiy GAU, 2017. 46 s.
11. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.

Информация об авторах:

Е.В. Смольский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, sev_84@mail.ru.

С.Ф. Чесалин - доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Г.В. Чекин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.В. Пургина – аспирант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Н.М. Пасечник – аспирант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

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.

S.F. Chesalin – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

G.V. Chekin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

A.V. Purgina – Postgraduate Student, of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

N.M. Pasechnik – Postgraduate Student, of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, 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 25.09.2023; одобрена после рецензирования 05.10.2023, принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 25.09.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 10.10.2023.

© Смольский Е.В., Чесалин С.Ф., Чекин Г.В., Пургина А.В., Пасечник Н.М.

Научная статья

УДК 633.1:72

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-13-20

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПОСЕВОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Владимир Ефимович Ториков, Ольга Владимировна Мельникова,

Николай Серафимович Шпилев, Андрей Александрович Резунов,

Дмитрий Михайлович Мельников

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В условиях регулируемых факторов внешней среды, при проведении полевых опытов и хозяйственной деятельности, точная оценка роста и развития растений зерновых культур позволяет управлять продуктивностью посевов и при проведении научных исследований. Для достижения этой цели требуется учитывать шкалы роста и развития сельскохозяйственных культур, что особенно важно при внедрении процесса цифровизации в селекции и растениеводстве, а также при оценке посевов и их страховании, где необходимы точные протоколы повторяемости и воспроизводимости. Используемые в настоящее время шкалы роста и развития не всегда описывают все этапы жизненного цикла культуры. В них не проводится явное различие между ростом и развитием в период стеблестоя и налива зерна. Отмеченные микрофазы несовместимы с современными аналитическими и вычислительными технологиями. Многие ученые различных стран предлагают две новые шкалы развития пшеницы и ячменя: шкалу развития отдельного растения культуры для определения развития отдельного побега растения на протяжении всего жизненного цикла, и шкалу развития целой популяции культуры для определения сроков фаз и продолжительности этапов развития растений в посевах. Эти шкалы развития объединяют в настоящее время существующие шкалы и заполняют пробелы в них, описывают развитие понятно, предметно, количественно и лучше подходят для симуляционного моделирования, автоматизированного анализа изображений и других вычислительных инструментариев и аналитических методов. Шкалы развития отдельного растения и целой популяции культуры сопровождаются окончательными протоколами для измерения каждой фазы, которые были разработаны и протестированы с использованием различных операторов. Например, рекомендация по обработке посевов зерновых гербицидами в фазе кушения неконкретна и неточна, так как она очень продолжительна. По коду ВВСН обработки посевов следует проводить на макростадиях развития 13-14, когда появляются 3 и 4 листья. Сроки дробного применения азотных удобрений, сеникации посевов и т.д. надо также увязывать с микростадиями. В биологизированном растениеводстве и практической селекции в РФ внедрены и широко используются этапы органогенеза с.-х. культур по Ф.М. Куперман.

Ключевые слова: органогенез, фазы роста и развития, зерновые культуры, пшеница, ячмень.

Для цитирования: Ториков В.Е., Мельникова О.В., Шпилев Н.С., Резунов А.А., Мельников Д.М. Управление продуктивностью посевов зерновых культур при проведении научных исследований и хозяйственной деятельности // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 13-20. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-13-20>.

Original article

MANAGING THE PRODUCTIVITY OF GRAIN CROPS SOWINGS WHEN CONDUCTING SCIENTIFIC RESEARCHES AND ECONOMIC ACTIVITY

Vladimir E. Torikov, Ol'ga V. Mel'nikova, Nikolai S. Shpilyov,
Andrei A. Rezunov, Dmitri M. Mel'nikov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. Under the conditions of regulated environmental factors, during field experiments and economic activities, an accurate assessment of the growth and development of grain crops makes it possible to control the productivity of crops and during scientific research. To achieve this goal, it is necessary to take into account the scales of growth and development of crops, which is especially important when introducing the digitalization process in breeding and crop production, as well as when assessing crops and their insurance, where accurate protocols of repeatability and reproducibility are needed. The growth and development scales currently used do not always describe all stages of the crop life cycle. They do not make a clear distinction between growth and development during the period of stalk and grain loading. The marked microfases are incompatible with modern analytical and computing technologies. Many scientists of different countries propose two new scales of wheat and barley development: a scale of development of a single crop plant to determine the development of a single plant shoot throughout the life cycle, and a scale of development of an entire crop population to determine the timing of phases and duration of stages of plant development in sowings. These development scales combine the currently existing scales and fill in the gaps in them, describe the development clearly, objectively, quantitatively and are better suited for simulation modeling, automated image analysis and other computing tools and analytical methods. The development scales of an individual plant and an entire crop population are accompanied by final protocols for measuring each phase, which have been developed and tested by using different operators. For example, the recommendation on the treatment of grain sowings with herbicides in the tillering phase is vague and inaccurate, since it is very long. According to the BBCH code, sowing processing should be carried out at macro stages of development 13-14, when 3 and 4 leaves appear. The timing of fractional application of nitrogen fertilizers, sowing senescence, etc. should also be linked to microstages. The stages of organogenesis of crops according to F.M. Kuperman have been introduced and are widely used in biologized crop production and practical breeding in the Russian Federation.

Keywords: organogenesis, phases of growth and development, cereals, wheat, barley.

For citation: Torikov V.E., Mel'nikova O.V., Shpilyov N.S., Rezunov A.A., Mel'nikov D.M. Managing the productivity of grain crops sowings when conducting scientific researches and economic activity. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 13-20 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-13-20>.

Введение. В биологизированном растениеводстве и практической селекции зарубежные ученые - Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. (1974), Abichou, M., Fournier, C., Dornbusch, T., Chambon, C., de Solan, B., Gouache, D., Andrieu, B. (2018), Bloomfield, M., Celestina, C., Hunt, J.R., Wang, E., Hyles, J., Zhao, Z., Zheng, B., Dillon, S., Harding, C., Chapman, S., Clancy, L., Trevaskis, B., Nicol, D., Biddulph, B., Harris, F., Porker, K., Brown, H. (2020), Celestina, C., Hunt, J., Kuchel, H., Harris, F., Porker, K., Biddulph, B., Bloomfield, M., McCallum, M., Graham, R., Matthews, P., Aisthorpe, D., Al-Yaseri, G., Hyles, J., Trevaskis, B., Wang, E., Zhao, Z., Zheng, B., Huth, N., Brown, H. (2023) и многие другие предлагают внедрение двух новых шкал развития: шкалу развития отдельного растения культуры и шкалу развития целой популяции культуры [4-16]. Сравнение ключевых характеристик, отличающих эти две шкалы, показано в таблице 2 на примере пшеницы и ячменя. Обоснование создания двух шкал заключается в том, что ни одна из них сама по себе не может одновременно удовлетворить требованиям всех пользователей. У шкалы развития есть две разные функции: первая заключается в количественной оценке этапов и предоставлении показателя того, на каком этапе между фазами развития находится отдельное растение, а вторая заключается в учете изменений целой популяции культуры при прохождении основных фаз развития. Следовательно, для выполнения этих двух функций были созданы шкала развития отдельного растения, что важно в селекционной работе и шкала развития целой популяции.

Основная часть. В ходе онтогенеза у растений зерновых культур одновременно протекают возрастные, этапные и органообразующие процессы. В настоящее время существует достаточно много шкал онтогенеза злаковых культур. Различные авторы рекомендуют мероприятия по уходу за растениями, используя разные шкалы.

Ф.М. Куперман установила в развитии злакового растения двенадцать основных этапов онтогенеза (рис. 1), общих для всех покрытосеменных растений, на каждом из которых формируются характерные для данного этапа развития органы растения. В разные фазы развития у растений наблюдаются и разные требования к факторам внешней среды.

В зависимости от возделываемых сортов продолжительность вегетации озимых зерновых культур составляет 260-350 дней, у ячменя - короче на 50 дней. Это длина вегетации с включением периода зимнего покоя, тогда как без него она колеблется по культурам от 140 до 165 дней.

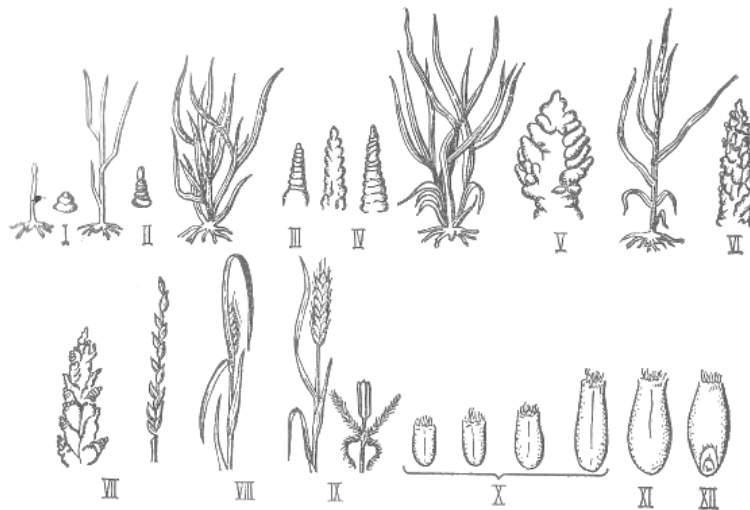


Рисунок 1 – Этапы органогенеза озимой пшеницы (по Куперман)

Для роста и развития озимых зерновых культур (ОЗК) характерны специфические фенологические фазы:

- **Всходы** (появление и разворачивание первого, настоящего листа; окраска всходов пшеницы и тритикале – зеленая, ячменя – сизая ввиду наличия воскового налета, ржи – зеленая с фиолетовым оттенком в связи с присутствием в клеточном соке антоциана; полевая всхожесть ОЗК 60-70%; продолжительность фазы 8-14 дней).

- **Кущение** (образование боковых побегов из узла кущения и появление их над почвой; различают осеннее и весеннее кущение, озимая рожь кустится более интенсивно осенью, Остальные культуры – весной; коэффициент продуктивной кустистости у ОЗК от 2,5 до 4,0; боковые стебли при благоприятных условиях дают 40-50% урожая зерна; оптимальная густота продуктивного стеблестоя для ОЗК 400-600 на 1 м², что обеспечивает урожайность их 45-60 ц/га зерна).

- **Выход в трубку** (характеризуется началом роста стебля и формированием генеративных органов растения, появлением над поверхностью почвы стеблевого узла на высоте 3-5 см, который легко прощупывается через влагалища листьев; растения хорошо различаются по язычкам и ушкам; на этой фазе очень интенсивно нарастает ассимиляционная площадь листьев; растения накапливают 50-60% сухого вещества от общей массы его за вегетацию).

- **Колошение** (процесс характеризуется появлением колоса из влагалища верхнего листа на ½ его длины).

- **Цветение** (фаза отмечается вскоре после колошения; у пшеницы и тритикале – через 3-4 дня, у ржи – через 8-10 дней, а у ячменя – даже до выхода колоса из влагалища листа; по типу опыления пшеница, ячмень и тритикале – самоопылители, а рожь - перекрестноопыляющаяся культура).

Далее для удобства изучения следует выделить четыре фазы, предложенные академиком Н.Н. Кулешовым.

- **Образование семян** (время от оплодотворения до появления точки роста, семя способно давать слабый росток, масса 1000 семян 1 г, продолжительность 7-9 дней).

- **Формирование семян** (фаза продолжается до достижения окончательной длины семян, к концу ее заканчивается дифференциация зародыша, содержимое зерна из водянистого превращается в молочное, в эндосперме появляются крахмальные зерна, цвет оболочки из белого переходит в зеленый, влажность зерна 60-80%, масса 1000 зерен 8-12 г, продолжительность 5-8 дней).

- **Налив** (фаза продолжается от начала отложения крахмала в эндосперме до его прекращения, влажность зерна снижается до 37-40%, продолжительность составляет 20-25 дней).

Фазу налива можно разделить на 4 этапа:

- водянистого состояния (начало образования клеток эндосперма, сухое вещество составляет 2-3% от максимального, длительность этапа 6 дней);

- предмолочного состояния (содержимое зерна водянистое с молочным оттенком, накопление сухого вещества составляет 10%, продолжительность 6-7 дней);

- молочное состояние (зерно содержит молокообразную белую жидкость, содержание сухого вещества 50% от массы зрелого зерна, длится этап 7-15 дней);

- тестообразное состояние (эндосперм имеет консистенцию теста, количество сухого вещества 85-90% от конечного накопления, продолжительность 4-5 дней).

•*Созревание* (начинается с прекращения поступления пластических веществ; влажность зерна снижается до 18-12 и даже до 8%, зерно созрело и пригодно для использования; продолжается период послеуборочного дозревания).

Фаза созревания делится на два периода:

- восковая спелость (эндосперм восковидный, упругий, оболочка зерна приобретает типичный цвет, влажность снижается до 21%, регистрируют начало восковой спелости – при 40-36%, когда следует начинать уборку ОЗК отдельным способом, середину – при влажности 35-25% и конец восковой спелости – при влажности зерна 24-21%, когда необходимо начинать уборку прямым комбайнированием);

- полная спелость (зерно имеет влажность в начале периода 20-18 % и при полном наступлении – 17 % и менее).

Регистрация перечисленных фаз, этапов и периодов необходима для установления сроков выполнения технологических приемов. Однако все эти промежутки времени продолжительны и связывать с ними сроки сложно. В связи с этим, за рубежом предложена система макро- и микростадий «Стадии развития зерновых культур» - код ВВСН» (табл. 1).

Таблица 1 – Стадии развития зерновых - код ВВСН

Код	Стадия развития
Макростадия 0: Прорастание	
00	Сухое зерно
01	Начало поглощения воды
03	Конец поглощения воды
05	Появление кончика зародышевого корня
06	Зародышевый корень растягивается, корневые волоски и/или боковые корни видны
07	Появление кончика зародышевого влагалища (колеоптиля)
09	Всходы: колеоптиль проходит поверхность почвы; лист достиг кончика колеоптиля
Макростадия 1: Развитие листьев	
10	Первый лист выходит из колеоптиля (лист считается развернутым, когда его лигула или острие следующего листа видны)
11	Стадия 1-го листа. Первый лист развернут.
12	Показалось острие второго листа
13	Стадия 2-го листа. Второй лист развернут. Показалось острие третьего листа
1..	Стадия 3-го листа. Третий лист развернут. Показалось острие четвертого листа Стадии продолжающиеся до...9 и больше листьев развернуты
19	Макростадия 2: Кущение (кущение может происходить с 13 стадии. В этом случае переходить на 21 стадию)
20	Нет кущения
21	Появляется первый побег кущения: начало кущения
22	Появляется второй побег кущения
23	Появляется третий побег кущения
2..	Стадии продолжающиеся до...
29	Конец кущения: максимальное число побегов кущения
Макростадия 3: Выход в трубку (главный побег) (выход в трубку может начинаться уже до конца кущения, в этом случае переходить на 30 стадию)	
30	Начало выхода в трубку: главный побег и побеги кущения сильно направлены вверх, начинают тянуться. Расстояние колоса от узла кущения по крайней мере 1 см
31	Стадия 1-го узла: Первый узел виден на поверхности земли, расстояние от узла кущения по крайней мере 1 см
32	Стадия 2-го узла: Второй узел виден, расстояние от 1-го узла по крайней мере 2 см
33	Стадия 3-го узла: Третий узел виден, расстояние от 2-го узла по крайней мере 2 см
34	Стадия 4-го узла: Четвертый узел виден, расстояние от 3-го узла по крайней мере 2 см
3..	Стадии продолжающиеся до...
37	Появление последнего (флагового) листа, еще скроенного
39	Стадия лигулы (листового язычка): лигула флагового листа видна, флаговый лист полностью развит
Макростадия 4: Набухание соцветий (колосьев или метелок)	
41	Листовое влагалище флагового листа удлиняется
43	Соцветие (колос или метелка) внутри стебля сдвинуто вверх, листовое влагалище флагового листа начинает набухать
45	Листовое влагалище флагового листа набухло
47	Листовое влагалище флагового листа открывается
49	Ости появляются над лигулой (листовым язычком) флагового листа. Появление сетей. Ости появляются над лигулой флагового листа

Продолжение таблицы 1

Макростадия 5: Появление соцветий (колосьев или метелок)	
51	Начало появления соцветия (колошения): Верхняя часть метелки или колоса видна
52	Появление 20% соцветия
53	Появление 30% соцветия
54	Появление 40% соцветия
55	Появление половины соцветия. Нижняя часть еще в листовом влагалище
56	Появление 60% соцветия
57	Появление 70% соцветия
58	Появление 80% соцветия
59	Конец колошения: Полное появление соцветия. Колос полностью виден
Макростадия 6: Цветение	
61	Начало цветения. Первые тычинки появляются
65	Середина цветения. 50% зрелых тычинок
69	Конец цветения
Макростадия 7: Образование зерен (кариопсов)	
71	Первые зерна достигли половины своего окончательного размера. Содержание зерен водянистое
72	Ранняя молочная спелость
73	Средняя молочная спелость. Все зерна достигли своего окончательного размера. Содержание зерен молочное.
75	Зерна еще зеленые
76	Зерна еще зеленые
77	Поздняя молочная спелость
Макростадия 8: Созревание зерен	
83	Ранняя восковая спелость
85	Мягкая восковая спелость. Содержание зерен еще мягкое, но сухое. Вмятина от ногтя выпрямляется
87	Твердая восковая спелость. Вмятина от ногтя не выпрямляется
89	Ранняя полная спелость. Зерно твердое, только с трудом раскалывается ногтем большого пальца
Макростадия 9: Отмирание	
92	Поздняя полная спелость. Зерно твердое, не ломается ногтем большого пальца
93	Зерно сидит рыхло в колоске в дневное время
97	Растение полностью отмершее. Солома ломается
99	Собранный урожай зерна

Примечание. Данная шкала ВВСН может быть использована и для яровых зерновых культур.

Шкала развития отдельного растения предназначена для точного измерения растения на всех этапах развития. Шкала развития отдельного растения применяется для определения состояния развития отдельного растения в данный момент времени, используя только первый стебель. Данные наблюдения за изменением растения с помощью шкалы развития отдельного растения являются прямыми и мгновенными, за исключением точного определения стадии развития зерна, для чего требуется анализ влажности. Для сравнения, шкала развития целой популяции предназначена для определения сроков фаз развития и продолжительности этапов, важных для определения урожайности культур. Шкала развития целой популяции используется для расчета средних сроков фаз, которые определяют их временные границы путем проведения множественных наблюдений в течение длительного времени.

Шкала развития отдельного растения учитывает все фазы жизненного цикла культуры от прорастания до созревания урожая, но основным отличием от десятичного кода Задокса [16] является исключение фазы кушения (Z20-Z29), поскольку считается, что она описывает рост, а не фазу развития. По сравнению со шкалой развития отдельного растения, шкала развития целой популяции (табл. 2) учитывает только те фазы и стадии, которые имеют решающее значение для урожайности – основными этапами являются сроки прорастания, появление всходов, стадия 2-х листьев, максимальное количество зачатков колоска (концевой колосок у пшеницы или остистый зачаток у ячменя), флаговый (конечный) лист, появление колоска, цветение, максимальная сырая масса (конечный прирост зерна), физиологическая спелость/максимальный сухой вес (конечный налив зерна) и уборочная спелость (конечное созревание зерна). Сроки всех этих фаз оказывают значительное влияние на урожайность зерновых культур, так как различные компоненты урожая зерна образуются в разное время [11, 12]. Например, всхожесть и появление всходов определяют плотность популяции; рост и развитие верхушки влияет на максимальное количество колосков; показатель количества зерен наиболее чувствителен к стрессу между появлением последнего листа и цветением; а масса зерна определяется по мере того, как зерновка растет и наливается [11,13].

Шкала развития отдельного растения и шкала развития целой популяции были разработаны и протестированы в рамках австралийского национального исследовательского проекта, чтобы определить существенные параметры и подтвердить по параметризации и обосновать фенологическую модель злаков [5,8], разработанную на платформе Симулятор систем сельскохозяйственного производства нового поколения [14]. В рамках этого проекта была выращена и оценена группа из 96 феноло-

гически разнообразных сортов пшеницы и ячменя в разное время посева на географически и климатически различных полевых участках [10]. Данные о развитии культур были также собраны с использованием растений в горшках, выращенных в контролируемых условиях окружающей среды [6]. Эти полевые и тепличные опыты оценивались различными специалистами с протоколами развития, как отдельного растения, так и всей популяции.

Таблица 2 - Сравнение шкалы развития отдельного растения культуры и шкалы развития целой популяции культуры для пшеницы и ячменя

Показатель	Шкала развития отдельного растения культуры	Шкала развития целой популяции культуры
Цель	Мгновенно определить состояние развития отдельного растения в данный момент времени.	Хронологически определить сроки фаз развития и продолжительность этапов в популяции.
Метод	Измеряется на первом стебле одного растения. Единичное наблюдение в конкретный момент времени обеспечивает мгновенную оценку развития.	Измеряется на всей популяции (т.е. на всех стеблях на одном растении или в пределах популяции растений). Многократные наблюдения в течение длительного времени позволяют хронологически определить средние сроки развития в популяции.
Шкала	Двенадцать фаз, каждый из которых разбит на этапы. Фазы распределены неравномерно и могут происходить параллельно в одном стебле. Рассматривается прохождение растения через все стадии и фазы развития.	Десять фаз, разделенных на этапы. Фазы в популяции обособленные и последовательные. Рассматриваются только фазы и этапы, имеющие важное значение для урожайности.
Варианты использования	Агроном/управляющий: приводит используемые ресурсы и методы управления в соответствие с безопасной или оптимальной фазой развития. Агроном: приводит развитие в соответствие с комбинацией условий эксперимента. Оценивает генотипический или управленческий эффект. Селекционер: сравнивает фенологию генотипов в испытаниях более ранних поколений.	Специалист по моделированию: улучшает и проверяет модельные прогнозы фенологии сельскохозяйственных культур. Физиолог: подтверждает фенотипирование с помощью автоматизированного сбора изображений и анализа. Агроном: оценивает влияние генотипического или управленческого воздействия на сроки созревания и продолжительность фазы. Селекционер: сравнивает фенологию и одновременность во времени в полевых испытаниях позднего поколения культуры.

Сроки применения основных компонентов (например, регуляторов роста растений, гербицидов, фунгицидов и удобрений), а также других агротехнических приемов зависят от правильного определения этапа развития культуры в данный момент времени. Изучение болезней, селекция, моделирование и фенология также основываются на текущих наблюдениях за развитием сельскохозяйственных культур, а также на знании сроков основных фаз и их продолжительности, имеющих решающее значение в формировании урожайности. При передаче рекомендаций по агротехнике или результатов научных наблюдений, научные сотрудники и агрономы должны уметь изложить о фазах развития доступными и понятными терминами. Таким образом, шкалы развития сельскохозяйственных культур должны быть общедоступны, позволять описывать развитие доступными и предметными понятиями. Например, рекомендация по обработке посевов зерновых культур гербицидами в фазе кущения неконкретна и неточна, так как она очень продолжительна. По коду ВВСН обработки посевов следует проводить на макростадиях развития 13-14, когда появляются 3 и 4 листья. Сроки дробного применения азотных удобрений, ретардантов, микроэлементов, сеникации посевов и т.д. следует также увязывать с микростадиями.

Так, в наших исследованиях, проводимых в полевых опытах в Брянском ГАУ по изучению действия уровня азотного питания при обработке посевов препаратом тур (ССС), было установлено, что продуктивность колоса зависела в основном от числа образовавшихся колосков и зерновок в колосе. Больше число колосков закладывалось у озимой пшеницы на IV этапе органогенеза при внесении перед посевом полной нормы азота из расчета 120 и 90 кг/га и без применения препарата тур. При обработке делянок препаратом тур с целью заглупления узлов кущения у растений озимой пшеницы урожайность зерна снижалась, так как на X этапе органогенеза в колосе завязывалось меньше зерновок. На вариантах без обработки делянок препаратом тур редукция колосков в период IV-X этапов органогенеза была наименьшей. При дробном внесении азота (N60 с осени и N60 весной) под действием препарата тур число зерновок увеличивалось во все годы опытов. Потенциальная урожай-

ность при этом возрастала. На X этапе органогенеза фактическая урожайность от расчетной во все годы проведения полевых опытов колебалась от 42,5 до 62 %. Дробное внесение азотных удобрений и препарата тур обеспечило повышение качества выращенного зерна [1,2,3].

Заключение. Шкалы развития зерновых культур являются важными для управления продуктивностью посевов и научных исследований. По сравнению с более ранними шкалами, такими как широко распространенный десятичный код Задокс для зерновых культур [16], шкала развития отдельного растения культуры и шкала развития целой популяции культуры улучшены, так как позволяют измерять развитие растения конкретно на уровне отдельного растения или всей популяции, используя при этом однозначные, объективные и количественные протоколы, обеспечивающие повторяемость и воспроизводимость результатов. Эти две шкалы развития могут использоваться для целого ряда случаев, включая управленческое воздействие, научные исследования, моделирование, селекцию и так далее, а шкала на основе популяции специально разработана для имитационных моделей зерновых культур и автоматизированной оценки с помощью методов распознавания изображений, как для исследовательских работ, так и для принятия управленческих решений. В биологизированном растениеводстве и практической селекции в Российской Федерации внедрены и широко используются этапы органогенеза с.-х. культур по Ф.М. Куперман. В условиях цифровизации растениеводства следует использовать фенологические шкалы по международному коду и увязывать их с этапами органогенеза по Ф.М. Куперман.

Список источников

1. Ториков В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства. СПб.: Лань, 2020. 512 с.
2. Растениеводство / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, С.А. Бельченко, Н.С. Шпилев. СПб.: Лань, 2020. 184 с.
3. Растениеводство / В.Е. Ториков, Н.М. Белоус, О.В. Мельникова, С.В. Мальцева. СПб.: Лань, 2022. 604 с.
4. Parameterising wheat leaf and tiller dynamics for faithful reconstruction of wheat plants by structural plant models / M. Abichou, C. Fournier, T. Dornbusch et al. // *Field Crops Res.* 2018. № 218. Pp. 213-230. - Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.010>.
5. Developing a nationally validated model to predict flowering time of wheat and barley / M. Bloomfield, C. Celestina, J.R. Hunt et al. // *Grains Research Update: Proceedings of the 2020 GRDC, 25-26 February 2020 г. Bendigo: VIC.* pp. 161-169.
6. Vernalisation and photoperiod responses of diverse wheat genotypes / M. Bloomfield, C. Celestina, J. Hunt // *Crop Pasture Sci.* 2023. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/CP22213>.
7. Ability of alleles of PPD1 and VRN1 genes to predict flowering time in diverse Australian wheat (*Triticum aestivum*) cultivars in controlled environments / M.T. Bloomfield, J.R. Hunt, B. Trevaskis et al. // *Crop Pasture Sci.* 2018. № 69. Pp. 1061-1075. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/CP18102>.
8. The National Phenology Initiative: predicting cultivar phenology at point of release / C. Celestina, J. Hunt, M. Bloomfield et al. // *Proceedings of the 2021 GRDC Grains Research Update. 9-10 February 2021. Adelaide: SA.* pp. 45-49.
9. Use of spike moisture content to define physiological maturity and quantity progress through grain development in wheat and barley / C. Celestina, M.T. Bloomfield, K. Stefanova, J.R. Hunt // *Crop Pasture Sci.* 2021. № 72. Pp. 95-104. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/CP20372>.
10. A cultivar phenology classification scheme for wheat and barley / C. Celestina, J. Hunt, H. Kuchel et al. // *Eur. J. Agron.* 2022. № 143. Pp. 126732. - Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.eja>.
11. Slafer G.A. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective *Ann. Appl Biol.* 2003. № 142. Pp. 117-128. - Access mode: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00237.x>
12. Slafer G.A. Rawson H.M. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers // *Aust. J. Plant Physiol.* 1994. № 21. Pp. 393-426. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/PP9940393>.
13. Genetic and environmental effects on crop development determining adaptation and yield / G.A. Slafer, A.G. Kantolic, M.L. Appendino et al.; (Eds.) V. Sadras, D. Calderini // *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy.* second ed. Academic Press, 2014. Pp. 285-319.
14. APSIM next generation: overcoming challenges in modernising a farming systems model / D. Holzworth, N.I. Huth, J. Fainges et al. // *Environ. Model. Softw.* 2018. № 103. Pp. 43-51. - Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.02.002>.
15. Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals // *Weed Res.* 1974. № 14. Pp. 415-421. - Access mode: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>.

References

1. *Torikov V.Ye., Mel'nikova O.V. Proizvodstvo produktsii rasteniyevodstva. SPb.: Lan', 2020. 512 s.*
2. *Rasteniyevodstvo / V.Ye. Torikov, O.V. Mel'nikova, S.A. Bel'chenko, N.S. Shpilev. SPb.: Lan', 2020. 184 s.*
3. *Rasteniyevodstvo / V.Ye. Torikov, N.M. Belous, O.V. Mel'nikova, S.V. Mal'tseva. SPb.: Lan', 2022. 604 s.*
4. *Parameterising wheat leaf and tiller dynamics for faithful reconstruction of wheat plants by structural plant models / M. Abichou, C. Fournier, T. Dornbusch et al. // Field Crops Res. 2018. № 218. Pp. 213-230. - Access mode: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.010.*
5. *Developing a nationally validated model to predict flowering time of wheat and barley / M. Bloomfield, C. Celestina, J.R. Hunt et al. // Grains Research Update: Proceedings of the 2020 GRDC, 25-26 February 2020 g. Bendigo: VIC. pp. 161-169.*

6. *Vernalisation and photoperiod responses of diverse wheat genotypes* / M. Bloomfield, C. Celestina, J. Hunt // *Crop Pasture Sci.* 2023. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/CP22213>.
7. *Ability of alleles of PPD1 and VRN1 genes to predict flowering time in diverse Australian wheat (Triticum aestivum) cultivars in controlled environments* / M.T. Bloomfield, J.R. Hunt, V. Trevaskis et al. // *Crop Pasture Sci.* 2018. № 69. Pp. 1061-1075. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/CP18102>.
8. *The National Phenology Initiative: predicting cultivar phenology at point of release* / C. Celestina, J. Hunt, M. Bloomfield et al. // *Proceedings of the 2021 GRDC Grains Research Update. 9-10 February 2021. Adelaide: SA.* pp. 45-49.
9. *Use of spike moisture content to define physiological maturity and quantity progress through grain development in wheat and barley* / C. Celestina, M.T. Bloomfield, K. Stefanova, J.R. Hunt // *Crop Pasture Sci.* 2021. № 72. Pp. 95-104. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/CP20372>.
10. *A cultivar phenology classification scheme for wheat and barley* / C. Celestina, J. Hunt, H. Kuchel et al. // *Eur. J. Agron.* 2022. № 143. Pp. 126732. - Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.eja>.
11. *Slafer G.A. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective* *Ann. Appl. Biol.* 2003. № 142. Pp. 117-128. - Access mode: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2003.tb00237.x>
12. *Slafer G.A. Rawson H.M. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: a re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers* // *Aust. J. Plant Physiol.* 1994. № 21. Pp. 393-426. - Access mode: <https://doi.org/10.1071/PP9940393>.
13. *Genetic and environmental effects on crop development determining adaptation and yield* / G.A. Slafer, A.G. Kantolic, M.L. Appendino et al.; (Eds.) V. Sadras, D. Calderini // *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy. second ed. Academic Press, 2014. Pp. 285-319.*
14. *APSIM next generation: overcoming challenges in modernising a farming systems model* / D. Holzworth, N.I. Huth, J. Fainges et al. // *Environ. Model. Softw.* 2018. № 103. Pp. 43-51. - Access mode: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.02.002>.
15. *Zadoks J.C., Chang T.T., Konzak C.F. A decimal code for the growth stages of cereals* // *Weed Res.* 1974. № 14. Pp. 415-421. - Access mode: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>.

Информация об авторах:

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

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

Н.С. Шпилев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, liudmila.lebedko@yandex.ru.

А.А. Резунов – аспирант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Д.М. Мельников – магистрант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

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

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.

N.S. Shpilyov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, liudmila.lebedko@yandex.ru.

A.A. Rezunov - 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 14.09.2023; одобрена после рецензирования 05.10.2023, принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 14.09.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 10.10.2023.

© Ториков В.Е., Мельникова О.В., Шпилев Н.С., Резунов А.А., Мельников Д.М.

Научная статья
УДК 633.15:631.5:631.8

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-21-26

РЕАКЦИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НА СПОСОБЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ, УРОВЕНЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ИХ АДАПТИВНОСТЬ

¹Екатерина Владимировна Малышева, ²Владимир Ефимович Ториков

¹ФГБОУ ВО Курский ГАУ, Курская область, Курск, Россия,

²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Важнейшей задачей современной агрономической науки остается подобрать наиболее адаптивные, устойчивые к лимитирующим факторам среды гибриды кукурузы, способные давать высокую и стабильную урожайность зерна в любых условиях. Согласно полученным нами данным, наиболее благоприятным годом при проведении исследований был 2015 ($I_j = 0,46$), наименее благоприятным – 2016 ($I_j = -0,25$). Коэффициент стабильности сорта (S_d^2), рассчитанный нами на основе средней урожайности сорта и индекса среды, показывает отклонение фактической урожайности от теоретической. Реакцию отдельного гибрида на факторы среды, определяли как отношение его зерновой продуктивности к средней урожайности по году. Она выражена как относительная величина - коэффициент адаптивности. Коэффициент экологической пластичности (b_i) характеризует отзывчивость сортов на изменение условий выращивания. Он принимает значения больше, меньше или может быть равным единице. Это значит, что при коэффициенте $b_i \geq 1$, сорт обладает большей отзывчивостью. В случае $b_i \leq 1$ сорт реагирует слабее на изменение условий среды. При значении $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности изменению условий выращивания. На основании комплексной хозяйственно-биологической характеристики изучаемых гибридов по уровню адаптивности, стрессоустойчивости и стабильности их зерновой продуктивности, как на фоне отвальной вспашки, так и безотвальной обработки почвы, на вариантах опыта без внесения минеральных удобрений среди всех изучаемых генотипов выделились гибриды ДКС 3717, ДКС 3912 и ДКС 3203 с коэффициентами адаптивности 1,06 - 1,18. Эти гибриды по сравнению с другими рассматриваемыми генотипами отличались наибольшей зерновой продуктивностью и характеризовались достаточно высокой ее стабильностью на всех вариантах полевого опыта, как при отвальной вспашке, так и безотвальной обработке почвы.

Ключевые слова: кукуруза, гибриды, способы основной обработки почвы, минеральные удобрения, урожайность зерна, адаптивность.

Для цитирования: Малышева Е.В., Ториков В.Е. Реакция гибридов кукурузы на способы основной обработки почвы, уровень минерального питания и их адаптивность // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 21-26. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-21-26>.

Original article

THE REACTION OF CORN HYBRIDS TO THE METHODS OF BASIC TILLAGE, THE LEVEL OF MINERAL NUTRITION AND THEIR ADAPTABILITY

¹Ekaterina V. Malysheva, ²Vladimir E. Torikov

¹Kursk State Agrarian University, Kursk Region, Kursk, Russia

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The most important task of modern agronomic science remains to select the most adaptive, resistant to limiting environmental factors, corn hybrids that can give high and stable grain yields in any conditions. According to the data we obtained, the most favourable year for conducting research was 2015 ($I_j = 0.46$), the least favourable was 2016 ($I_j = -0.25$). The stability coefficient of the variety (S_d^2), calculated on the basis of the average yields of the variety and the medium index by us, shows the deviation of the actual yields from the theoretical one. The reaction of an individual hybrid to environmental factors was determined as the ratio of its grain productivity to the average yields per year. It is expressed as a relative value - the coefficient of adaptability. The coefficient of ecological plasticity (b_i) characterizes the responsiveness of varieties to changes in growing conditions. It takes values greater than, less than, or may be equal to one. It means that with a b_i coefficient ≥ 1 , the variety has greater responsiveness. In the case of $b_i \leq 1$, the variety reacts less strongly to changes in environmental conditions. With the value $b_i = 1$, there is a complete correspondence of the yields change to the change in growing conditions. Based on the complex economic and biological characteristics of the studied hybrids in terms of adaptability, stress resistance and stability of their grain productivity, both against the background of mouldboard plowing and boardless tillage, the hybrids DCS 3717, DCS 3912 and DCS 3203 with adaptability coefficients of 1.06 - 1.18 were distinguished among all the studied genotypes on the experiment variants without mineral fertilizer application. These hybrids, in comparison with other genotypes under consideration, were distinguished by the highest grain productivity and were characterized by its sufficiently high stability in all variants of field experiment, both during mouldboard plowing and boardless tillage.

Keywords: corn, hybrids, methods of basic tillage, mineral fertilizers, grain yields, adaptability.

For citation: Malysheva E.V., Torikov V.E. The reaction of corn hybrids to the methods of basic tillage, the level of mineral nutrition and their adaptability. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (5): 21-26 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-21-26>.

Введение. Кукуруза является одной из наиболее распространенных и высокопродуктивных сельскохозяйственных культур в Центральном регионе России. Ее зерно – традиционная пища населения многих стран мира, широко используется в кондитерской, крахмальной промышленности и является основным компонентом в составе комбикорма для животноводства. Для решения продовольственной задачи пополнения стратегических запасов страны качественным продовольствием требуется совершенствование технологий возделывания современных, наиболее продуктивных гибридов кукурузы зернового направления и повышения уровня их адаптации к условиям агроландшафтов.

В связи с этим, агробиологическое обоснование повышения урожайности зерна кукурузы на серых лесных почвах в условиях лесостепи Центрального региона России приобретает особую актуальность и своевременность. Наряду с агротехнической, экономической и биоэнергетической оценкой эффективности современных систем земледелия и адаптивных агротехнологий возделывания новых гибридов кукурузы зернового направления необходима социально-экологическая направленность новых разработок в решении продовольственно-стратегических запасов страны [1,2].

Для получения максимально возможной урожайности в мало благоприятных климатических условиях, необходимо подобрать оптимальный для региона гибрид, при выборе которого следует учитывать засухоустойчивость, требования к уровню плодородия почвы и условиям минерального питания. Только использование гибридов интенсивного типа, максимально адаптивных (приспособленных) под ее климатические условия позволит получить стабильную урожайность.

Под пластичностью сорта или гибрида понимают его широкие приспособительные возможности к различным условиям среды. Несколько иначе определяют пластичность S.A. Eberhart, W.A. Russell [3], которые понимают ее как положительный отклик генотипа на улучшение условий выращивания.

Под экологической пластичностью генотипа S.A. Eberhart, W.A. Russell [3], и Q.C.C. Tai [4] понимают его способность адекватно реагировать на изменяющиеся условия произрастания, а В.Н. Мамонтова [5], В.З. Пакудин и Л.М. Лопатина [6] – способность генотипов формировать высокую урожайность хорошего качества в различных почвенно-климатических условиях, а также отзываться на улучшение технологии возделывания. Экологическую устойчивость сортов в конкретных условиях внешней среды оценивают по методике, разработанной S.A. Eberhart, W.A. Russell [3].

Реакция отдельного сорта или гибрида на факторы среды, согласно методике, устанавливается как отношение его к средней урожайности по году. Она выражается в процентах как долевое участие или как относительная величина – коэффициент адаптивности. По величине этого показателя можно судить о продуктивности или адаптивности сорта или гибрида. При благоприятных условиях внешней среды потенциальная продуктивность реализуется наиболее полно.

Цель исследований – установить адаптивную реакцию современных гибридов кукурузы интенсивного типа на способы основной обработки почвы и уровень минерального питания, рекомендовать энергосберегающие агроприемы, направленные на увеличение производства зерна в конкретных почвенно-климатических условиях региона.

Материалы и методы исследований. Научные исследования выполнены период 2015 – 2017 гг. на территории ОП «Бунино» Солнцевского района Курской области. Почва серая лесная, легкосуглинистая, хорошо окультуренная с содержанием гумуса 3,9-4,2%; рН сол. – 5,6-5,7; P₂O₅- 273-281 и K₂O – 187-192 мг/кг почвы. Агрохимические анализы почвы выполнены по методикам, принятым в агрохимической службе,; рН_{KCl} – ионометрически (ГОСТ 24483-85), гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-74), содержание подвижного фосфора и обменного калия определяли по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84).

Предшественником в опытах была озимая пшеница. Осенняя обработка почвы состояла из лущения стерни на 8-10 см. После прорастания сорняков проводили отвальную зяблевую вспашку и безотвальную обработку плугом со стойками СИБИМЭ на глубину 26-28 см. Весенняя обработка почвы включала культивацию агрегатом КПС-4 с боронованием за один проход. Предпосевная обработка проведена с разрывом пять дней комбинированным агрегатом на глубину 10 см. Перед предпосевной обработкой (согласно схеме полевого опыта) вносили минеральные удобрения.

Опыты проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и общепринятой методике полевого опыта [7].

Экологическую адаптивность гибридов в конкретных условиях внешней среды определяли по методике, разработанной S.A. Eberhart, W.A. Russell [3], в изложении В.З. Пакудина и Л.М. Лопатиной [6]. Реакция отдельного гибрида на факторы среды, согласно методике, рассчитывали как отношение его урожайности к среднегодовой. Она выражена в процентах как долевое участие или как относительная величина – коэффициент адаптивности. Так, по величине этого показателя следует судить о продуктивности или адаптивности изучаемых гибридов.

Результаты и их обсуждение. В среднем за годы полевых опытов на контрольном варианте (без внесения минеральных удобрений) по вспашке наибольшую урожайность сформировали гибриды ДКС 3717, ДКС 3712, ДКС 3203 – 5,98 т/га; 5,72 и 5,62 т/га, соответственно, тогда как по безотвальной обработке гибрид ДКС 3712 обеспечил прибавку урожайности зерна на 11% (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность зерна в зависимости от способа основной обработки почвы и нормы внесения минеральных удобрений (2015-2017 гг.)

№ п/п	Гибрид	Вспашка 27-30 см				Безотвальная обработка 27-30 см				
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее	
1.	Контроль									
	НК Фалькон	5,40	4,03	5,26	4,90	5,60	4,13	4,56	4,76	
	Делитоп	5,62	4,19	5,17	4,99	5,82	4,29	5,27	5,13	
	ЕС Конгресс	5,52	4,32	4,95	4,93	5,62	4,42	5,25	5,10	
	ДКС 3203	5,39	6,02	5,46	5,62	5,48	6,12	5,56	5,72	
	ЕС Олимпус	5,61	4,18	4,98	4,92	5,80	4,28	4,85	4,98	
	ДКС 3912	6,51	6,41	4,25	5,72	6,51	6,41	6,25	6,39	
	ДКС 4014	5,32	4,30	4,90	4,84	5,32	4,30	4,96	4,86	
ДКС 3717	6,23	6,45	5,26	5,98	6,23	6,45	6,40	6,36		
НСР ₀₅		0,03	0,05	0,02		0,05	0,06	0,04		
2.	N30P30K30									
	НК Фалькон	6,50	5,13	5,56	5,73	6,50	4,23	6,26	5,66	
	Делитоп	6,72	5,29	6,17	6,06	6,72	4,39	6,90	6,00	
	ЕС Конгресс	6,62	5,42	5,75	5,93	6,62	4,52	6,25	5,80	
	ДКС 3203	6,49	6,92	5,56	6,32	6,49	6,22	6,56	6,42	
	ЕС Олимпус	6,71	5,28	5,90	5,96	6,71	4,98	5,97	5,89	
	ДКС 3912	6,51	6,41	6,95	6,62	6,61	6,51	6,70	6,61	
	ДКС 4014	5,32	4,30	5,90	5,17	5,42	4,88	5,96	5,42	
ДКС 3717	6,23	6,45	6,70	6,46	6,38	6,56	6,40	6,45		
НСР ₀₅		0,02	0,03	0,03		0,04	0,05	0,03		
3.	N45P45K45									
	НК Фалькон	6,88	6,31	5,92	6,37	6,33	5,38	6,52	6,08	
	Делитоп	6,42	6,26	7,09	6,59	6,24	5,46	7,39	6,36	
	ЕС Конгресс	7,20	6,97	6,61	6,93	6,42	6,02	6,85	6,43	
	ДКС 3203	6,30	5,38	6,71	6,13	5,32	6,13	6,80	6,08	
	ЕС Олимпус	6,73	5,85	5,52	6,03	6,83	5,45	5,62	5,97	
	ДКС 3912	7,20	6,98	5,83	6,67	7,10	6,06	6,23	6,46	
	ДКС 4014	6,80	5,90	6,39	6,36	6,23	5,28	6,99	6,17	
ДКС 3717	7,02	6,80	6,49	6,77	7,12	6,63	6,79	6,85		
НСР ₀₅		0,02	0,03	0,04		0,05	0,06	0,05		
4.	N60P60K60									
	НК Фалькон	8,14	7,99	7,69	7,94	7,84	6,99	7,89	7,57	
	Делитоп	7,65	6,47	6,49	6,87	8,15	7,47	7,49	7,70	
	ЕС Конгресс	6,80	6,48	7,09	6,79	7,08	6,28	7,09	6,82	
	ДКС 3203	6,63	6,40	7,33	6,79	7,23	6,85	7,33	7,14	
	ЕС Олимпус	7,23	6,96	7,19	7,13	7,10	5,90	6,19	6,40	
	ДКС 3912	7,31	6,98	6,69	6,99	6,86	6,98	7,69	7,18	
	ДКС 4014	7,84	7,16	7,49	7,50	7,62	6,46	7,49	7,19	
ДКС 3717	7,19	5,47	7,09	6,58	7,78	6,71	7,09	7,19		
НСР ₀₅		0,03	0,04	0,05		0,05	0,06	0,06		

На вариантах опыта при внесении минеральных удобрений из расчета N30P30K30 урожайность зерна этих гибридов возростала по вспашке до 6,49 – 6,62 – 6,32 т/га, тогда как по безотвальной обработке она составила 6,45 – 6,61 и 6,42 т/га, соответственно. На этом фоне удобрения приемы основной обработки почвы на формирования урожайности этих гибридов существенного влияния не оказали. Урожайность зерна находилась в пределах «ошибки полевого опыта».

При внесении минеральных удобрений из расчета N45P45K45 урожайность зерна гибридов ДКС 3717, ДКС 3712, ДКС 3203 по вспашке составила: 6,77 т/га; 6,67 и 6,13 т/га, соответственно, тогда как по фону безотвальной обработки почвы только гибрид ДКС 3717 обеспечил прибавку урожайности зерна по отвальной вспашке на 8 ц/га.

И только на фоне внесения минеральных удобрений из расчета N60P60K60 урожайность зерна гибридов ДКС 3717, ДКС 3712, ДКС 3203 по безотвальной обработке почвы существенно возростала на 6,1 ц/га – 1,9 – 3,5 ц/га.

Для комплексной хозяйственно-биологической характеристики изучаемых гибридов проведена сравнительная оценка результатов адаптивности, стрессоустойчивости и стабильности их зерно-

вой продуктивности к конкретным условиям их выращивания на фоне отвальной вспашки и безотвальной обработки почвы на вариантах опыта без внесения минеральных удобрений (табл. 2-7). Средняя урожайность зерна по опыту составила 5,24 т/га (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность и адаптивность гибридов кукурузы (отвальная вспашка, контроль – без внесения минеральных удобрений)

№ п/п	Гибрид	Урожайность, т/га				Коэффициент адаптивности гибридов			
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	X_{cp}	2015 г.	2016 г.	2017 г.	X_{cp}
1	НК Фалькон	5,40	4,03	5,26	4,90	0,95	0,81	1,05	0,93
2	Делитоп	5,62	4,19	5,17	4,99	0,99	0,84	1,03	0,95
3	ЕС Конгресс	5,52	4,32	4,95	4,93	0,97	0,87	0,98	0,94
4	ДКС 3203	5,39	6,02	5,46	5,62	0,95	1,21	1,09	1,08
5	ЕС Олимпус	5,61	4,18	4,98	4,92	0,98	0,84	0,99	0,94
6	ДКС 3912	6,51	6,41	4,25	5,72	1,14	1,29	0,85	1,09
7	ДКС 4014	5,32	4,30	4,90	4,84	0,93	0,86	0,97	0,92
8	ДКС 3717	6,23	6,45	5,26	5,98	1,09	1,29	1,05	1,14
9	Среднегодовая	5,70	4,99	5,03	5,24				
10	Индекс среды (I_j)	0,46	-0,25	-0,21					

Коэффициент адаптивности свыше 1,0 характеризует гибрид, как наиболее приспособленный к условиям произрастания. К таким гибридам следует отнести ДКС 3717, ДКС 3912 и ДКС 3203, коэффициент адаптивности у которых составил 1,08-1,14.

Согласно полученным данным наиболее благоприятным годом при проведении исследований был 2015 ($I_j = 0,46$), наименее благоприятным – 2016 ($I_j = -0,25$).

Разность между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{min}-Y_{max}$) имеет отрицательное значение и отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания. Стрессоустойчивость сорта выше, если разрыв между $U_{min}-U_{max}$ наименьший, значит шире диапазон его приспособительных возможностей.

Стрессоустойчивость дополняет величина $(Y_{min}+Y_{max})/2$, отражающая наибольшую среднюю урожайность сорта в контрастных условиях. Максимальное соотношение между генотипом сорта и факторами среды (биотическими, климатическими) в условиях полевых опытов.

Размах урожайности (d) показывает отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры (сорта) к максимальной урожайности, выраженной в процентах. Чем ниже показатель, тем стабильнее урожайность сорта в конкретных условиях.

Коэффициент экологической пластичности (b_i) показывает отзывчивость сортов на изменение условий выращивания. Он принимает значения больше, меньше или быть равным единице. Если значение коэффициента $b_i \geq 1$, значит сорт обладает большей отзывчивостью. В случае $b_i \leq 1$ сорт реагирует слабее на изменение условий среды. При условии $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности изменению условий выращивания.

Неотъемлемым свойством адаптивности является экологическая стабильность сортов - устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать не очень высокий, но стабильный урожай в любых условиях. Понятие «стабильность» является синонимом пластичности. Коэффициент стабильности сорта (S_d^2), рассчитанный на основе средней урожайности сорта и индекса среды, показывает отклонение фактического урожая от теоретического. Чем меньше отклонение, тем стабильнее сорт (табл. 3).

Таблица 3 – Стрессоустойчивость и параметры адаптивности гибридов кукурузы (отвальная вспашка, контроль)

№ п/п	Гибрид	Параметр адаптивности				
		стрессоустойчивость (Y_2-Y_1)	наибольшая средняя урожайность сорта $(Y_1+Y_2)/2$	размах урожайности (d)	пластичность (b_i)	стабильность (S_d^2)
1	НК Фалькон	-1,37	4,72	25,37	1,17	0,70
2	Делитоп	-1,43	4,91	25,44	1,42	0,43
3	ЕС Конгресс	-1,20	4,92	21,74	1,32	0,17
4	ДКС 3203	-0,63	5,71	10,47	-0,54	0,14
5	ЕС Олимпус	-1,43	4,90	25,49	1,54	0,27
6	ДКС 3912	-2,26	5,38	34,72	1,56	2,48
7	ДКС 4014	-1,02	4,81	19,17	1,08	0,15
8	ДКС 3717	-1,19	5,86	18,45	0,46	0,73

Для определения стабильности урожайности провели расчёты теоретической урожайности (табл. 4).

Таблица 4 – Теоретическая урожайность гибридов кукурузы и отклонения фактической от теоретической урожайности (отвальная вспашка, контроль)

№ п/п	Гибрид	Урожайность, т/га				Отклонение, т/га		
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	X_{cp}	2015 г.	2016 г.	2017 г.
1	НК Фалькон	5,44	4,60	4,65	4,90	-0,04	-0,57	0,61
2	Делитоп	5,65	4,64	4,70	4,99	-0,03	-0,45	0,47
3	ЕС Конгресс	5,54	4,60	4,65	4,93	-0,02	-0,28	0,30
4	ДКС 3203	5,37	5,76	5,74	5,62	0,02	0,26	-0,28
5	ЕС Олимпус	5,63	4,54	4,60	4,92	-0,02	-0,36	0,38
6	ДКС 3912	6,44	5,33	5,40	5,72	0,07	1,08	-1,15
7	ДКС 4014	5,34	4,57	4,61	4,84	-0,02	-0,27	0,29
8	ДКС 3717	6,19	5,86	5,88	5,98	0,04	0,59	-0,62

По безотвальной обработке на контрольном варианте (без внесения минеральных удобрений), как наиболее приспособленными к условиям произрастания, следует выделить гибриды ДКС 3717, ДКС 3912 и ДКС 3203 с коэффициентами адаптивности 1,06-1,18 (табл. 5)

Таблица 5 – Урожайность и адаптивность гибридов кукурузы (безотвальная обработка, контроль – без внесения минеральных удобрений)

№ п/п	Гибрид	Урожайность, т/га				Коэффициент адаптивности гибридов			
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	X_{cp}	2015 г.	2016 г.	2017 г.	X_{cp}
1	НК Фалькон	5,60	4,13	4,56	4,76	0,97	0,82	0,85	0,88
2	Делитоп	5,82	4,29	5,27	5,13	1,00	0,85	0,98	0,94
3	ЕС Конгресс	5,62	4,42	5,25	5,10	0,97	0,88	0,97	0,94
4	ДКС 3203	5,48	6,12	5,56	5,72	0,95	1,21	1,03	1,06
5	ЕС Олимпус	5,80	4,28	4,85	4,98	1,00	0,85	0,90	0,92
6	ДКС 3912	6,51	6,41	6,25	6,39	1,12	1,27	1,16	1,18
7	ДКС 4014	5,32	4,30	4,96	4,86	0,92	0,85	0,92	0,90
8	ДКС 3717	6,23	6,45	6,40	6,36	1,07	1,28	1,19	1,18
9	Среднегибридная	5,80	5,05	5,39	5,41				
10	Индекс среды (I_j)	0,39	-0,36	-0,02					

Гибриды характеризовались наибольшей стрессоустойчивостью, пластичностью и стабильностью на вариантах полевого опыта при безотвальной обработке почвы (табл. 6).

Гибриды ДКС 3717, ДКС 3912 и ДКС 3203 по сравнению с другими рассматриваемыми генотипами отличались наибольшей зерновой продуктивностью и характеризовались достаточно высокой ее стабильностью (табл. 7).

Таблица 6 – Стрессоустойчивость и параметры адаптивности гибридов кукурузы (безотвальная обработка, контроль)

№ п/п	Гибрид	Параметр адаптивности				
		Стрессоустойчивость (Y_2-Y_1)	Наибольшая средняя урожайность сорта $(Y_1+Y_2)/2$	Размах урожайности (d)	Пластичность (b_i)	Стабильность (S_d^2)
1	НК Фалькон	-1,47	4,87	26,25	1,99	0,04
2	Делитоп	-1,53	5,06	26,29	2,02	0,06
3	ЕС Конгресс	-1,20	5,02	21,35	1,58	0,06
4	ДКС 3203	-0,64	5,80	10,46	-0,83	0,05
5	ЕС Олимпус	-1,52	5,04	26,21	2,04	0,01
6	ДКС 3912	-0,26	6,38	3,99	0,15	0,03
7	ДКС 4014	-1,02	4,81	19,17	1,35	0,03
8	ДКС 3717	-0,22	6,34	3,41	-0,30	0,00

Таблица 7 – Теоретическая урожайность гибридов кукурузы и отклонения фактической от теоретической урожайности (безотвальная обработка, контроль)

№ п/п	Гибрид	Урожайность, т/га				Отклонение, т/га		
		2015 г.	2016 г.	2017 г.	X_{cp}	2015 г.	2016 г.	2017 г.
1	НК Фалькон	5,53	4,04	4,72	4,76	0,07	0,09	-0,16
2	Делитоп	5,91	4,40	5,08	5,13	-0,09	-0,11	0,19
3	ЕС Конгресс	5,71	4,53	5,06	5,10	-0,09	-0,11	0,19
4	ДКС 3203	5,40	6,02	5,74	5,72	0,08	0,10	-0,18
5	ЕС Олимпус	5,77	4,24	4,93	4,98	0,03	0,04	-0,08
6	ДКС 3912	6,45	6,34	6,39	6,39	0,06	0,07	-0,14
7	ДКС 4014	5,38	4,37	4,83	4,86	-0,06	-0,07	0,13
8	ДКС 3717	6,24	6,47	6,37	6,36	-0,01	-0,02	0,03

Закключение. На основании комплексной хозяйственно-биологической характеристики изученных гибридов по уровню адаптивности, стрессоустойчивости и стабильности их зерновой продуктивности, как на фоне отвальной вспашки, так и безотвальной обработки почвы на вариантах опыта без внесения минеральных удобрений среди всех изучаемых генотипов выделились гибриды ДКС 3717, ДКС 3912 и ДКС 3203 с коэффициентами адаптивности 1,06–1,18.

Список источников

1. Ториков В.Е., Мельникова О.В. Производство продукции растениеводства: учебное пособие для вузов. 5-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 512 с. ISBN 978-5-8114-8263-4. Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/173810>.
2. Растениеводство / В.Е. Ториков, Н.М. Белоус, О.В. Мельникова, С.В. Артюхова; под ред.: В.Е. Торикова. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. 604 с. ISBN 978-5-507-44799-2. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/243341>.
3. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. V. 6, № 1. P. 36-40.
4. Tai G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials // Crop.Sci. 1971. V. 11, № 2. P. 184-190.
5. Мамонтова В.Н. Селекция и семеноводство яровой пшеницы. М.: Изд-во Колос, 1980. 286 с.
6. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология. 1984. № 4. С. 109-113.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Изд-во Колос, 1985. 321 с.

References

1. Torikov V.Ye., Mel'nikova O.V. Proizvodstvo produktsii rasteniyevodstva: uchebnoye posobiye dlya vu-zov. 5-ye izd., ster. SPb.: Lan', 2021. 512 s. ISBN 978-5-8114-8263-4. Tekst : elektronnyy // Lan': elektronno-bibliotchnaya sistema. - URL: <https://e.lanbook.com/book/173810>.
2. Rasteniyevodstvo / V.Ye. Torikov, N.M. Belous, O.V. Mel'nikova, S.V. Artyukhova; pod red.: V.Ye. Torikova. 2-ye izd., ster. SPb.: Lan', 2022. 604 s. ISBN 978-5-507-44799-2. Tekst : elektronnyy // Lan' : elektronno-bibliotchnaya sistema. - URL: <https://e.lanbook.com/book/243341>.
3. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. V. 6, № 1. R. 36-40.
4. Tai G.C.C. Genotypic stability analysis and its application to potato regional trials // Crop.Sci. 1971. V. 11, № 2. R. 184-190.
5. Mamontova V.N. Seleksiya i semenovodstvo yarovoy pshenitsy. M.: Izd-vo Kolos, 1980. 286 s.
6. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Otsenka ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 1984. № 4. S. 109-113.
7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta: s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy. M.: Izd-vo Kolos, 1985. 321 s.

Информация об авторах:

Е.В. Мальшева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, maleshevae1981@mail.ru.

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

Information about the authors:

E.V. Malysheva - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Growing, Breeding and Seed Production, Kursk State Agrarian University, maleshevae1981@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.

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 25.09.2023; одобрена после рецензирования 05.10.2023, принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 25.09.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 10.10.2023.

© Мальшева Е.В., Ториков В.Е.

Научная статья
УДК 633.34:631.527

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-27-30

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПАРАМЕТРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ СОИ В УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ольга Алексеевна Зайцева, Владимир Викторович Дьяченко,
Виталий Юрьевич Симонов, Владимир Михайлович Никифоров
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Соя является культурой стратегического и многоцелевого назначения, перспективной для расширения посевных площадей в Нечерноземной зоне, в частности в Брянской области. Для её успешного производственного возделывания важно подобрать адаптированный для региона сортимент, отличающийся стабильной семенной продуктивностью. Цель исследований – оценка экологической пластичности и стабильности сортов сои в условиях Брянской области. Исследования проводились на опытном поле Брянского ГАУ (Брянская область) в 2021-2022 гг. Объектами исследований являлись четыре сорта сои: Вилана, Волма, Белгородская 8 и Мезенка. Изучаемые сорта сои группы спелости относятся к ранне- и среднеспелым, включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Методы исследований: полевые, статистические. В результате исследований была проведена оценка экологической пластичности и стабильности сортов сои в условиях Брянской области, рассчитанная по признаку «урожайность семян». Установлено, что урожайность у изучаемых генотипов в годы исследований варьировала от 17,8 до 26,8 ц/га в 2021 году, от 19,3 до 29,7 ц/га в 2022 году. Наиболее продуктивными были сорта Вилана и Белгородская 8. Высокой пластичностью отличались генотипы, коэффициенты регрессии которых имели больший показатель (1,2-3,0) – Белгородская 8, Волма, Вилана. К низко пластичным сортам отнесён сорт Мезенка, коэффициент регрессии 0,4. Наиболее стабильными являлись сорта: Мезенка ($S_i^2=0,3$), Белгородская 8 ($S_i^2=3,2$), Вилана ($S_i^2=4,5$). К менее стабильным отнесли сорт Волма, $S_i^2=4,5$. Расчёт семенной продуктивности и параметров экологической пластичности и стабильности сортов сои Вилана, Волма, Белгородская 8 и Мезенка позволяет рекомендовать их для производственного возделывания в условиях региона.

Ключевые слова: селекция, соя, сорт, семена, урожайность, пластичность, стабильность.

Для цитирования: Зайцева О.А., Дьяченко В.В., Симонов В.Ю., Никифоров В.М. Семенная продуктивность и параметры экологической пластичности и стабильности сои в условиях брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 27-30. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-27-30>.

Original article

SEED PRODUCTIVITY AND PARAMETERS OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF SOYBEANS IN THE BRYANSK REGION

Ol'ga A. Zaitseva, Vladimir V. D'yachenko, Vitali Yu. Simonov, Vladimir M. Nikiforov
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. Soy is a strategic and multi-purpose crop, promising for the expansion of acreage in the Non-Black Soil Zone, in particular in the Bryansk region. It is important to choose a variety adapted for the region, characterized by stable seed productivity for its successful industrial cultivation. The purpose of the researches is to assess the ecological plasticity and stability of soybean varieties in the conditions of the Bryansk region. The researches were carried out on the experimental field of the Bryansk GAU (the Bryansk region) in 2021-2022. The objects of research were four varieties of soybeans: Vilana, Volma, Belgorod 8 and Mezenka. The studied soybean varieties in the ripeness group belong to early- and mid-ripening ones and are included in the State Register of Breeding Achievements approved for use. The research methods are field and statistical. As a result of the research, an assessment of the ecological plasticity and stability of soybean varieties in the conditions of the Bryansk region was carried out, calculated on the basis of "seed yield". It is established that the yields of the studied genotypes in the research years varied from 17.8 to 26.8 c/ha in 2021, from 19.3 to 29.7 c/ha in 2022. The most productive varieties were Vilana and Belgorod 8. The genotypes with higher regression coefficients (1.2-3.0) – Belgorod 8, Volma, Vilana - were distinguished by high plasticity. The low plastic varieties include the Mezenka variety with the regression coefficient of 0.4. The most stable varieties were: Mezenka ($S_i^2=0.3$), Belgorod 8 ($S_i^2=3.2$), Vilana ($S_i^2=4.5$). The less stable one was attributed to the Volma variety, $S_i^2=4.5$. The calculation of seed productivity and parameters of ecological plasticity and stability of soybean varieties Vilana, Volma, Belgorod 8 and Mezenka allows us to recommend them for industrial cultivation in the conditions of the region.

Keywords: breeding, soybean, variety, seeds, yields, plasticity, stability.

For citation: Zaitseva O.A., D'yachenko V.V., Simonov V.Yu., Nikiforov V.M. Seed productivity and parameters of ecological plasticity and stability of soybeans in the Bryansk region. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 27-30 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-27-30>.

Введение. Соя – это древнейшее растение, стратегического и многоцелевого назначения, которое возделывается человеком. С развитием науки и новых производственных и перерабатывающих

мощностей появляются современные направления её использования. Она применяется как продовольственная, кормовая и техническая культура, но и растёт её использование для фармацевтических и медицинских целей. Соя становится одним из главных растительных объектов в развивающейся биоэкономике, она представляет собой сырьё, которое служит для производства биотоплива и органических волокон. В мире идёт возрождение интереса к распространённому в древности на Востоке использованию соевых бобов, как овощной культуры. Соя применяется для создания продуктов с функциональными свойствами, оказывающих профилактическое и терапевтическое действие при многих болезнях. С использованием традиционных кормов из сои (зеленой массы, жмыха, кормовых фосфатидов, полножирной соевой муки, дерти, соломы, мякоти, шрота) для животных и птицы, такие корма находят применение в рыборазведении [1-5].

По данным Росстата (2022г) в структуре посевных площадей основных сельскохозяйственных культур соя занимает 3487 тыс. га (на 13,7% больше по отношению к 2021 году). В Российской Федерации основными регионами возделывания сои являются: Дальний Восток (Амурская область, Приморский край, ЕАО, Хабаровский край) и Центрально-Черноземный регион (Белгородская, Курская, Тамбовская, Воронежская, Липецкая области). В Нечерноземной зоне она относится к малораспространённым культурам [6-11].

Цель исследований – оценка экологической пластичности и стабильности сортов сои в условиях Брянской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на опытном поле Брянского ГАУ в 2021-2022 гг. Объектами исследований являлись четыре сорта сои: Вилана, Волма, Белгородская 8 и Протина.

Вилана. Продолжительность вегетационного периода продолжается до 115 дней, опущение серого цвета, фиолетовый цветок и боковой листок овальной формы. Растение длиной 110-115 см, прикрепление нижнего боба на высоте 14-15 см. Средняя урожайность с одного гектара 9-21 ц. Семена желтого цвета, масса 1000 шт. составляет 145 г, содержат до 40% белка, до 24% жира.

Волма. Вегетационный период составляет 105-116 дней, стебель серый опушенный, цветок белый, заостренный боковой листочек, длина 70-80 см, прикрепление нижнего боба на высоте 12-13 см. Урожайность с одного гектара – 14-15 ц. В семенах содержится до 33% белка, 22% жира, масса 1000 шт. семян - 133 г.

Белгородская 8. Продолжительность вегетационного периода продолжается до 116 дней. Стебель рыже-коричневый опушенный, цветок фиолетовый, боковой листок заостренный, желтые семена, удлиненной формы. Вырастает до 65-80 см, прикрепление нижнего боба на высоте 18 см. Средняя урожайность составляет 21 ц семян, содержащих 35% белка и 23% жира. Масса 1000 шт. – 138-140 г.

Мезенка. Вегетационный период – 105-108 дней. Главный стебель имеет опущение серого цвета, белые цветки, меньший листочек главного листа ланцетовидный. Высота сои до 80 см, прикрепление нижнего боба на высоте 15 см. Средняя урожайность составляет 21 ц/га. Семена желтые шаровидно-приплюснутой формы, могут содержать до 37% белка и 23% жира. Масса 1000 шт. – 142 г.

Агротехника в опыте общепринятая для региона. Срок посева – первая декада мая, способ посева рядовой, междурядье 15 см, норма высева 1,3 млн. всхожих семян/га. Опыт закладывался по методике Госсортсети. Почва опытного участка - серая лесная среднесуглинистая (гумус -3,4 %, P₂O₅ - 28,3 мг/кг почвы, K₂O -17,6 мг/кг почвы, рН_{kcl} -5,8). Во время вегетационного периода проводились фенологические наблюдения и учёты.

Агроэкологическую оценку адаптивности сортов определяли по критериям коэффициента регрессии урожая каждого сорта на изменение условий произрастания и варианты стабильности урожая по методике Эберхарта Е.А. и Рассела У.А., изложенной Пакудиным В.З..

Результаты и их обсуждение. Погодные условия вегетационных периодов в годы исследований характеризовались более теплыми, по сравнению со средними многолетними. Сумма активных температур воздуха с мая по сентябрь в 2021 году составила 1634,9 °С, в 2022 году – 2092 °С, количество осадков, соответственно по годам, 326,3 и 289,9 мм. Распределение их было неравномерным и зависело от интенсивности выпадения по месяцам и, особенно, по декадам. Осадки ливневого характера установлены в мае – 103,3 мм и в июле – 100,1 мм в 2021 году. Однако, при среднесуточных температурах 16,2 и 18,9 °С, в эти периоды отрицательного действия увлажнения в период онтогенеза сои не установлено. Уборка на семена проходила в первой декаде сентября, без отрицательных метеорологических условий.

Согласно проведённым исследованиям были рассчитаны параметры пластичности и стабильности, которые могут дать возможность оценки продукционного потенциала сортов сои в производстве (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность (в среднем за 2 года), параметры экологической пластичности и стабильности сортов сои в условиях Брянской области

Сорт	Вегетационный период, дней	Урожайность, ц/га			b_i	S_i^2
		2021 г.	2022 г.	x_i		
Вилана	110	26,8	29,7	28,3	3,0	4,5
Волма	129	17,8	19,93	18,9	2,2	11,4
Белгородская 8	130	24,7	23,6	24,2	1,2	3,2
Мезенка	108	19,0	19,3	19,2	0,4	0,3
$\sum X_{ij}$		88,3	92,5	180,8		
X_i		22,1	23,1	22,7		
I_i		-0,5	0,5			

Продолжительность вегетационного периода у сортов сои варьирует от 108 до 130 дней.

Урожайность у изучаемых сортов достигала 17,8-26,8 ц/га в 2021 году, 19,3-29,7 ц/га в 2022 году. Самые высокоурожайные сорта это Вилана (28,3 ц/га) и Белгородская 8 (24,2 ц/га).

По степени пластичности (отзывчивости) на условия роста и развития исследуемые сорта сои существенно различались. Высокой пластичностью отличались генотипы, коэффициенты регрессии которых имели больший показатель (1,2-3,0): Белгородская 8, Волма, Вилана. В благоприятных условиях сорт Вилана способен формировать более высокий урожай. К низко пластичным сортам отнесён сорт Мезенка – коэффициент регрессии равен 0,4. При расчёте дисперсии стабильности изучаемые сорта показали следующие результаты: наиболее стабильными следует считать сорта: Мезенка ($S_i^2=0,3$), Белгородская 8 ($S_i^2=3,2$), Вилана ($S_i^2=4,5$). К менее стабильным сортам отнесли сорт Волма, S_i^2 составляет 4,5.

Заключение. Проявление фенотипической урожайности у изучаемых генотипов сои в период исследований варьировало от 17,8 до 26,8 ц/га в 2021 году, от 19,3 до 29,7 ц/га в 2022 году. Сорта имели различия не только по уровню проявления этого признака, но и по ответной реакции на метеорологические условия года.

Наибольшей реакцией на условия года отличились генотипы Вилана ($b_i=3,0$) и Волма ($b_i=2,2$). Они обладали высокой пластичностью, которая обуславливает широкую экологическую адаптивность. Сорт сои Вилана отнесён нами к экологически пластичным. В благоприятные по метеоусловиям годы он способен показывать лучшие результаты семенной продуктивности.

Приведённые данные показывают, что наиболее высокой степенью стабильности по способности формировать урожай семян обладают следующие сорта сои: Мезенка ($S_i^2=0,3$), Белгородская 8 ($S_i^2=3,2$), Вилана ($S_i^2=4,5$). К менее стабильным сортам отнесли сорт Волма ($S_i^2=4,5$).

Все изученные сорта по группе спелости относятся к ранне- и среднеспелым и включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Расчёт семенной продуктивности и параметров экологической пластичности и стабильности сортов сои Вилана, Волма, Белгородская 8 и Мезенка даёт нам возможность рекомендовать их для возделывания в условиях региона и использовать в селекционном процессе.

Список источников

1. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий / М.А. Вишнякова, И.В. Сеферова, М.Г. Самсонова // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52, № 5. С. 905-916.
2. Шпилев Н.С., Бельченко С.А. Технология возделывания сои на зерно в Центральном регионе: рекомендации. Брянск, 2014.
3. Засорина Э.В., Сапрыкин В.Ю., Титов А.Н. Адаптация сортов сои канадской селекции к условиям Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 6. С. 59-65.
4. Производство семян и посадочного материала сельскохозяйственных культур / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, С.А. Бельченко, Н.С. Шпилев. СПб., 2019.
5. Головина Е.В., Зотиков В.И. Продукционный процесс и адаптивные реакции к абиотическим факторам сортов сои северного экотипа в условиях Центрально-Черноземного региона РФ. Орел: Картуш, 2019. С. 28-40.
6. Трунова М.В. Модель раннеспелого сорта сои для южно-европейской части России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. Вып. 2 (170). С. 27-36.
7. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии / В.Е. Ториков, С.А. Бельченко, А.В. Дронов и др. Брянск, 2019.
8. Селекция и технология возделывания сои в условиях Брянской области на юго-западе Нечерноземья России / И.Я. Моисеенко, Н.С. Шпилев, О.А. Зайцева, Л.Г. Юхневская // Вестник Брянской ГСХА. 2011. № 6. С. 20-27.
9. Шпилев Н.С., Моисеенко И.Я., Лебедько Л.В. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания сои сорта Брянская МИЯ // Вестник Брянской ГСХА. 2012. № 6. С. 50-54.
10. Сравнительная оценка зерновой продуктивности и адаптивности сортов сои в агроклиматических

условиях Брянской области / О.А. Зайцева, С.А. Бельченко, А.В. Дронов и др. // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022. № 4 (44). С. 40-48.

11. Агроэкологическое испытание и совершенствование технологии возделывания сортов сои / О.А. Зайцева, С.А. Бельченко, А.В. Дронов и др. // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 8. С. 14-21.

References

1. *Trebovaniya k iskhodnomu materialu dlya seleksii soi v kontekste sovremennykh biotekhnologiy* / M.A. Vishnyakova, I.V. Seferova, M.G. Samsonova // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2017. T. 52, № 5. S. 905-916.
2. Shpilev N.S., Bel'chenko S.A. *Tekhnologiya vozdeliyvaniya soi na zerno v Tsentral'nom regione: rekomendatsii*. Bryansk, 2014.
3. Zazorina E.V., Saprykin V.YU., Titov A.N. *Adaptatsiya sortov soi kanadskoy seleksii k usloviyam Tsentral'nogo Chernozem'ya* // *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019. № 6. S. 59-65.
4. *Proizvodstvo semyan i posadochnogo materiala sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* / V.Ye. Torikov, O.V. Mel'nikova, S.A. Bel'chenko, N.S. Shpilev. SPb., 2019.
5. Golovina Ye.V., Zotikov V.I. *Produktsionnyy protsess i adaptivnyye reaktsii k abioticheskim faktoram sortov soi severnogo ekotipa v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona RF*. Orel: Kartush, 2019. S. 28-40.
6. Trunova M.V. *Model' rannespelogo sorta soi dlya yuzhno-yevropeyskoy chasti Rossii* // *Maslichnyye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur*. 2017. Вып. 2 (170). S. 27-36.
7. *Soya severnogo ekotipa v intensivnom zemledelii* / V.Ye. Torikov, S.A. Bel'chenko, A.V. Dronov i dr. Bryansk, 2019.
8. *Selektsiya i tekhnologiya vozdeliyvaniya soi v usloviyakh Bryanskoy oblasti na yugo-zapade Nechernozem'ya Rossii* / I.YA. Moiseyenko, N.S. Shpilev, O.A. Zaytseva, L.G. Yukhnevskaya // *Vestnik Bryanskoy GSKHA*. 2011. № 6. S. 20-27.
9. Shpilev N.S., Moiseyenko I.YA., Lebed'ko L.V. *Ekonomicheskaya i energeticheskaya effektivnost' vozdeliyvaniya soi sorta Bryanskaya MIYA* // *Vestnik Bryanskoy GSKHA*. 2012. № 6. S. 50-54.
10. *Sravnitel'naya otsenka zernovoy produktivnosti i adaptivnosti sortov soi v agroklimaticheskikh usloviyakh Bryanskoy oblasti* / O.A. Zaytseva, S.A. Bel'chenko, A.V. Dronov i dr. // *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury*. 2022. № 4 (44). S. 40-48.
11. *Agroekologicheskoye ispytaniye i sovershenstvovaniye tekhnologii vozdeliyvaniya sortov soi* / O.A. Zaytseva, S.A. Bel'chenko, A.V. Dronov i dr. // *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2022. № 8. S. 14-21.

Информация об авторах:

О.А. Зайцева - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, olya.zaytseva.77@list.ru.

В.В. Дьяченко – заведующий кафедрой агрономии, селекции и семеноводства, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, uchsovet@bgsha.com.

В.Ю. Симонов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, simonov_84@mail.ru.

В.М. Никифоров - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vovan240783@yandex.ru.

Information about the authors:

O.A. Zaitseva - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, olya.zaytseva.77@list.ru.

V.V. D'yachenko - Head of the department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bryansk State Agrarian University, uchsovet@bgsha.com.

V.Yu.Simonov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, simonov_84@mail.ru.

V.M. Nikiforov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, vovan240783@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 25.09.2023; одобрена после рецензирования 05.10.2023, принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 25.09.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 10.10.2023.

© Зайцева О.А., Дьяченко В.В., Симонов В.Ю., Никифоров В.М.

Научная статья
УДК 63.633.312

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-31-35

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ЛЮЦЕРНЫ ЖЕЛТОЙ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

¹Людмила Петровна Харкевич, ¹Дмитрий Михайлович Ситнов, ¹Василий Николаевич Адамко,
²Олег Дмитриевич Ситнов, ²Виктор Федорович Шаповалов
¹Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»,
Брянская область, Новозыбковский городской округ, Опытная станция, Россия
²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Исследования роли минерального удобрения на изменения урожайности и качественных показателей зеленой массы люцерны желтой проводили в условиях радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв. Агрохимическая характеристика почвы опыта: органическое вещество 1,8-2,1 %, рН_{KCl}-5,5-5,8, содержание подвижного фосфора и калия соответственно 180-220 и 80-100 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы 243-324 кБк/м². В результате четырех летних исследований на полевом стационарном опыте Новозыбковской СХОС установили, что максимальная урожайность зеленой массы люцерны желтой на первом укосе была 20,7 т/га, на втором укосе – 16,2 т/га при применении фосфорно-калийного удобрения в дозе P₆₀K₁₈₀. Наиболее высокие показатели качества продукции (выход с 1 гектара кормовых единиц 3,8 тыс./га, сбор сырого протеина 1045 кг/га, выход обменной энергии 59,00 ГДж/га) обеспечивает применение фосфорно-калийного удобрения в дозе P₆₀K₁₈₀. Удельная активность ¹³⁷Cs люцерны желтой первого и второго укосов на варианте без применения фосфорно-калийного удобрения превышало норматив и составило 422-470 Бк/кг. Внесение калийного удобрения в дозе 120 кг обеспечивает получение люцерны желтой первого укоса на уровне 243 Бк/кг, второго укоса на уровне 228 Бк/кг, корм соответствует нормативу.

Ключевые слова: люцерна, зеленая масса, урожайность, сырой протеин, кормовые единицы, обменная энергия, ¹³⁷Cs.

Для цитирования: Харкевич Л.П., Ситнов Д.М., Адамко В.Н., Ситнов О.Д., Шаповалов В.Ф. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зеленой массы люцерны желтой в условиях радиоактивного загрязнения // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 31-35. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-31-35>.

Original article

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON YIELD AND QUALITY OF YELLOW ALFALFA GREEN MASS UNDER CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

¹Ludmila P. Kharkevich, ¹Dmitry M. Sitnov, ¹Vasili N. Adamko, ²Oleg D. Sitnov, ²Viktor F. Shapovalov
¹Novozybkov AES –the branch of FSC «All-Russia Williams Fodder Research Institute»,
Bryansk Region, Experimental Station Russia
²Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. Researches of the role of mineral fertilizer on changes in yield and quality indicators of green mass of yellow alfalfa were carried out under conditions of radioactive contamination of sod-podzolic sandy soils. Agrochemical soil characteristics of the experiment as follows: organic matter 1.8-2.1%, pH_{KCl}-5,5-5,8, content of mobile phosphorus and potassium, respectively, 180-220 and 80-100 mg/kg of soil. Soil contamination density 243-324 kBq/m². As a result of four summer researches on the field stationary experience at the Novozybkov AES, it was established that the maximum yields of yellow alfalfa green mass on the first cutting was 20.7 t/ha, on the second cutting - 16.2 t/ha when using phosphorus-potassium fertilizer in a dose of P₆₀K₁₈₀. The highest indicators of product quality (yield from 1 hectare of feed units 3.8 thousand/ha, crude protein collection 1045 kg/ha, interchange energy output 59.00 GJ/ha) are ensured by the use of phosphorus-potassium fertilizer at a dose of P₆₀K₁₈₀. The specific activity of ¹³⁷Cs in yellow alfalfa of the first and second cuttings in the variant without the use of phosphorus-potassium fertilizer exceeded the standard and amounted to 422-470 Bq/kg. The application of potassium fertilizer at a dose of 120 kg ensures that yellow alfalfa is obtained for the first cut at the level of 243 Bq/kg, for the second cut at the level of 228 Bq/kg, the feed complies with the standard.

Keywords: alfalfa, green mass, yields, crude protein, feed units, interchange energy, ¹³⁷Cs.

For citation: Kharkevich L.P., Sitnov D.M., Adamko V.N., Sitnov O.D., Shapovalov V.F. Influence of mineral fertilizers on yield and quality of yellow alfalfa green mass under conditions of radioactive contamination. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (5): 31-35 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-98-4-31-35>.

Введение. Полевое кормопроизводство играет важную роль в решении проблемы производства высокопитательных кормов. Многолетние травы, прежде всего бобовые, являются наиболее ценным сырьем для производства высококачественных кормов. Возделывание многолетних бобовых культур является одним из решений кормовой проблемы, и расширение их посевов играет важную роль в дальнейшем развитии полевого кормопроизводства.

В производстве кормов люцерне отводится важная роль. Она характеризуется высокой урожайностью зеленой массы, отличается высоким содержанием белка [1], а по содержанию незаменимых аминокислот превосходит многие другие культуры [2].

Люцерна используется в зеленом конвейере, а также для приготовления грубых и сочных кормов. Обладая высокой пластичностью, она хорошо приспосабливается к широкому спектру экологических условий окружающей среды, поэтому имеет большую площадь возделывания [3]. В настоящее время в мире люцерна возделывается на площади более 35 млн./ га [4]. В России площадь посевов люцерны достигает 2,3 – 2,5 млн. га [1, 5].

Благодаря симбиотической фиксации азота, люцерна способствует повышению плодородия почвы, в результате чего улучшаются физико-химические свойства почвы [6 - 8], что для дерново-подзолистых легких почв имеет положительное значение.

Основной из главных задач ведения сельскохозяйственного производства на загрязненной радионуклидами территории является получение продукции растениеводства, отвечающей санитарно-гигиеническим нормативам, поскольку уровень радиоактивного загрязнения почв по-прежнему высок. Превышение дозаварийного уровня на пашне составляет 45 раз, на естественных кормовых угодьях – 88 раз [9]. Поэтому получение продукции растениеводства, соответствующей нормативам по загрязнению ¹³⁷Cs, является важнейшим условием, обуславливающим снижение поступления радионуклидов в организм человека с продуктами питания, а также снижения доли внутреннего облучения [10, 11].

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на опытном поле Ново-зыбковской сельскохозяйственной опытной станции на дерново-подзолистой песчаной почве со следующей агрохимической характеристикой: органическое вещество 1,8-2,1 %, рН_{KCl}-5,5-5,8, содержание подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) соответственно 18-22 и 8-10 мг/100 почвы. Плотность загрязнения почвы 243-324 кБк/м².

В опыте испытывалась люцерна желтая - сорт Павловская 7. Общая площадь опытной делянки 30 м², учетная 20 м², повторность опыта 3-х кратная, расположение делянок – систематическое.

Схема опыта: 1. Контроль (без удобрений); 2. P₆₀K₁₂₀; 3. P₆₀K₁₈₀. Виды минеральных удобрений – хлористый калий (K₂O – 56%), суперфосфат простой гранулированный (P₂O₅ -20%)

Учет урожая зеленой массы и сена люцерны, в чистом посеве, проводился в фазу начала бутонизации (поделяночно).

Исследования проводились с использованием методических указаний по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями, методических указаний по определению радионуклидов в почвах и растениях. Полевые и лабораторные исследования проводились по общепринятым методикам [12,13]. Определение содержания ¹³⁷Cs 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 оказывали влияние как минеральные удобрения, так и метеорологические условия вегетационных периодов. Наиболее высокая урожайность зеленой массы 1-го укоса получена в 2019 году, наиболее низкая – в 2022 году (табл. 1). Второй укос характеризовался более низкими показателями урожайности зеленой массы по сравнению с 1-м укосом.

В среднем за 4 года исследований самый низкий уровень урожайности зеленой массы получен в контрольном варианте, как в 1-м (16,3 т/га), так и во 2-м (12,6 т/га) укосах. Внесение фосфорно-калийных удобрений в дозе P₆₀K₁₂₀ увеличивало урожайность зеленой массы до 18,5 т/га в 1-м укосе и до 14,3 т/га во 2-м. Дальнейшее улучшение уровня минерального питания растений способствовало дальнейшему росту урожайности зеленой массы до 20,7 т/га в 1-м укосе, до 16,2 т/га во 2-м. Прибавки по отношению к контролю составили 4,4 и 1,9 т/га соответственно. Максимальный урожай зеленой массы люцерны желтой как в 1-м, так и во 2-м укосе получен при внесении фосфорно-калийного удобрения в дозе P₆₀K₁₈₀.

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы люцерны желтой, т/га

Вариант	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее	Прибавка к контролю
1-й укос						
Контроль	17,3	16,9	16,2	14,9	16,3	-
P ₆₀ K ₁₂₀	19,6	19,2	18,3	17,0	18,5	2,2
P ₆₀ K ₁₈₀	20,2	22,1	21,0	19,5	20,7	4,4
НСР ₀₅						1,0
2-й укос						
Контроль	12,0	13,5	12,9	11,9	12,6	-
P ₆₀ K ₁₂₀	12,8	15,6	14,8	13,8	14,3	1,7
P ₆₀ K ₁₈₀	13,6	18,1	17,2	16,0	16,2	1,9
НСР ₀₅						1,2

Содержание сырого протеина в зеленой массе люцерны зависело от уровня удобренности (табл. 2). С возрастанием доз вносимых под культуру удобрений отмечено увеличение содержания сырого протеина в корме. Минимальное значение этого показателя зафиксировано на контрольном варианте – 13,64%, максимальное – в варианте P₆₀K₁₈₀ (14,98%).

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

Вариант	Сырой протеин, %	Сырой протеин, кг/га	Корм. ед., тыс/га	ОЭ, ГДж/га
Контроль	13,64	845	3,11	47,35
P ₆₀ K ₁₂₀	14,36	950	3,50	53,50
P ₆₀ K ₁₈₀	14,98	1045	3,80	59,00

Выход с гектара сырого протеина, кормовых единиц и обменной энергии так же зависел от дозы минеральных удобрений. Максимальные значения вышеуказанных показателей отмечены в варианте P₆₀K₁₈₀.

Получение продукции, соответствующей действующим нормативам ТР ТС 015/2011 и ВП 13.5. 13/06-01 по содержанию в ней радионуклидов, является одной из важнейших задач наших исследований. Одним из действенных факторов, позволяющих снижать поступление радионуклидов в сельскохозяйственные растения, является внесение калийных удобрений.

Содержание радиоцезия в зеленой массе люцерны первого укоса на контрольном варианте превышало норматив (400 Бк/кг) и составило 470 Бк/кг (таблица 3). Внесение калийного удобрения в дозе 120 кг/га д.в. снижало содержание цезия-137 зеленой массы люцерны 1-го укоса. Повышение дозы калия до 180 кг/га способствовало дальнейшему снижению удельной активности корма. Снижение содержания цезия-137 в продукции составило 1,3 – 1,9 раз в зависимости от дозы калийного удобрения.

Таблица 3 – Содержание ¹³⁷Cs в зеленой массе люцерны желтой (воздушно-сухая масса) в среднем за 2019-2022 гг., Бк/кг

Вариант	1-й укос			2-й укос		
	¹³⁷ Cs	± к контролю	Ксн	¹³⁷ Cs	± к контролю	Ксн
Контроль	470	-	-	422	-	-
P ₆₀ K ₁₂₀	350	120	1,3	298	124	1,3
P ₆₀ K ₁₈₀	243	227	1,9	228	194	1,9

Примечание: Допустимый уровень для грубых кормов – 400 Бк/кг, ВП 13.5. 13/06-01 [14].

Содержание ¹³⁷Cs в сене люцерны 2-го укоса было несколько ниже, чем в 1-м укосе. На контрольном варианте уровень загрязнения продукции превышал норматив. Так же, как и в первом укосе, величина удельной активности сена зависела от удобренности калием и последовательно снижалась с увеличением доз калийных удобрений.

Заключение. Таким образом, самый высокий урожай зеленой массы люцерны желтой как в 1-м, так и во 2-м укосе получен при внесении фосфорно-калийного удобрения в дозе P₆₀K₁₈₀. Самый высокий уровень содержания сырого протеина, кормовых единиц и обменной энергии в кормах отмечен в варианте P₆₀K₁₈₀. Гарантированное получение нормативно чистых по содержанию ¹³⁷Cs зеленых и грубых кормов при возделывании люцерны желтой обеспечивает внесение калийного удобрения в дозе 120 кг/га д.в.

Список источников

1. Косолапова В.Г., Муссие С.А. Питательная ценность люцерны различных сортов в процессе роста и развития // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 17 – 24.
2. Соложенцева Л.Ф., Писковацкий Ю.М. Изучение перспективного материала люцерны в пожнивный период при различных приемах предпосевной обработки почвы // Адаптивное кормопроизводство. 2018. № 1. С. 26-34.
3. Абдушаева Я.М., Дегунова Н.Б., Кун С.В. Создание агрофитоценозов люцерны в Условиях Новгородской области // Фундаментальные исследования. 2006. № 5. С. 21-23.

4. Radovich J., Sokolovich D., Markovich J. Alfalfa – most important perennial forage legume in animal husbandry // *Biotechnology in animal Husbandry*. 2009. No. 25. P. 465-475.
5. Water-Soluble Polysaccharides of Alfalfa (*Medicago sativa* (Fabaceae)) of flora of Krasnoyarsk Krai / K.I. Rovkina, S.V. Krivoshechekov, A.V. Guryev et al. // *Russian Journal of Dioorganic Chemistry*. 2018. No. 44 (7). P. 854-859.
6. Гасиев В.И. Формирование агроценозов однолетних кормовых культур // *Тенденции развития науки и образования*. 2019. № 46-5. С. 24-26.
7. Селекция видов клевера на иммунитет в условиях РСО-Алания / И.А. Датиева, Л.М. Келехсашвили, Л.Х. Фарниева и др. // *Аграрная наука*. 2019. № 5. С. 49-52.
8. Догузова Н.Н. Семенная продуктивность различных сортов люцерны для предгорной зоны Северного Кавказа // *Аграрная наука*. 2020. № 10. С. 64 -67.
9. Санжарова, Н.И. Изменение радиационной обстановки в сельском хозяйстве после аварии на Чернобыльской АЭС // *Агротехнический вестник*. 2010. № 2. С. 6-9.
10. Богдевич И.М., Подоляк А.Г., Шмигельская И.Д. Защитные агрохимические мероприятия в АПК Республики Беларусь // *Агротехнический вестник*. 2006. № 2. С. 13-19.
11. Влияние минеральных удобрений и приемов поверхностного улучшения почвы на урожай и качество многолетних трав / Н.М. Белоус, Л.П. Харкевич, В.Ф. Шаповалов, Е.А. Кротова // *Кормопроизводство*. 2010. № 4. С.15-18.
12. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. М.: ЦИНАО, 1985. 22 с.
13. 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.
14. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания стронция-90, цезия-137. Ветеринарные правила и нормы ВП 13.5.13/09-00. Утверждены Министром сельского хозяйства Российской Федерации 19.12.2000 г.

References

1. Kosolapova V.G., Mussiye S.A. Pitatel'naya tsennost' lyutserny razlichnykh sortov v protsesse rosta i razvitiya // *Kormoproizvodstvo*. 2020. № 10. S. 17 – 24.
2. Solozhentseva L.F., Piskovatskiy YU.M. Izucheniye perspektivnogo materiala lyutserny v pozhnivnoy period pri razlichnykh priyemakh predposevnoy obrabotki pochvy // *Adaptivnoye kormoproizvodstvo*. 2018. № 1. S. 26-34.
3. Abdushayeva YA.M., Degunova N.B., Kun S.V. Sozdaniye agrofitotsenozov lyutserny v Usloviyakh Novgorodskoy oblasti // *Fundamental'nyye issledovaniya*. 2006. № 5. S. 21-23.
4. Radovich J., Sokolovich D., Markovich J. Alfalfa – most important perennial forage legume in animal husbandry // *Biotechnology in animal Husbandry*. 2009. No. 25. P. 465-475.
5. Water-Soluble Polysaccharides of Alfalfa (*Medicago sativa* (Fabaceae)) of flora of Krasnoyarsk Krai / K.I. Rovkina, S.V. Krivoshechekov, A.V. Guryev et al. // *Russian Journal of Dioorganic Chemistry*. 2018. No. 44 (7). P. 854-859.
6. Gasiyev V.I. Formirovaniye agrotsenozov odnoletnikh kormovykh kul'tur // *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2019. № 46-5. S. 24-26.
7. Seleksiya vidov klevera na immunitet v usloviyakh RSO-Alaniya / I.A. Datyeva, L.M. Kelekhshashvili, L.KH. Farniyeva i dr. // *Agrarnaya nauka*. 2019. № 5. S. 49-52.
8. Doguzova N.N. Semennaya produktivnost' razlichnykh sortov lyutserny dlya predgornoy zony Severnogo Kavkaza // *Agrarnaya nauka*. 2020. № 10. S. 64 -67.
9. Sanzharova, N.I. Izmeneniye radiatsionnoy obstanovki v sel'skom khozyaystve posle avarii na Chernobyl'skoy AES // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2010. № 2. S. 6-9.
10. Bogdevich I.M., Podolyak A.G., Shmigel'skaya I.D. Zashchitnyye agrokhimicheskiye meropriyatiya v APK Respubliki Belarus' // *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2006. № 2. S. 13-19.
11. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy i priyemov poverkhnostnogo uluchsheniya pochvy na urozhay i kachestvo mnogoletnikh trav / N.M. Belous, L.P. Kharkevich, V.F. Shapovalov, Ye.A. Krotova // *Kormoproizvodstvo*. 2010. № 4. S.15-18.
12. Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu yestestvennykh radionuklidov v pochvakh i rasteniyakh. М.: TSINAO, 1985. 22 s.
13. Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami. CH. 1. М.: VIUA, 1975. 167 s.; CH. 2. М.: VIUA, 1983. 171 s. CH. 3. М.: VIUA, 1985. 131 s.
14. Veterinarno-sanitarnyye trebovaniya k radiatsionnoy bezopasnosti kormov, kormovykh dobavok, sy-r'ya kormovogo. Dopustimyye urovni sodержaniya strontsiya-90, tseziya-137. Veterinarnyye pravila i normy VP 13.5.13/09-00. Utverzhdeny Ministrom sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii 19.12.2000 g.

Информация об авторах:

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

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

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

О.Д. Ситнов – аспирант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

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

Information about the authors:

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

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, Candidate of Agricultural Sciences, Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology.

O.D. Sitnov – post-graduate student, 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

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 05.10.2023, принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 22.09.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 10.10.2023.

© Харкевич Л.П., Ситнов Д.М., Адамко В.Н., Шаповалов В.Ф.

Научная статья

УДК 582.572.285:631.53:581.5

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-35-44

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ *ALLIUM L.* ПОДРОДА *MELANOCROMMYUM* ПРИ СОХРАНЕНИИ *EX SITU* ВОРОНЕЖСКОЙ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Мария Ивановна Иванова, Александр Федорович Бухаров, Надежда Александровна Еремина, Анна Ивановна Кашлева

ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Верея, Россия

Аннотация. Настоящая статья посвящена изучению семенной продуктивности как основы размножения и интродукции эндемичных видов луков (л. афлатунский, л. Кристофа, л. Розенбаха) и выявлению возможности их выращивания в условиях *ex situ* (в условиях культуры) Московской и Воронежской областей. В условиях интродукции отмечено изменение морфометрических показателей семенной продуктивности изученных видов по годам наблюдения. На аллювиальных луговых почвах Московской области предельные значения реальной семенной продуктивности у л. афлатунского составляли 2,56–4,01 г, л. Кристофа – 2,64–2,80 г, л. Розенбаха – 3,85–4,30 г/растение; на мощных выщелоченных черноземах Воронежской области – 9,03–9,43 г, 5,09–5,51 и 4,68–5,32 г на 1 растение соответственно. При этом потенциальная семенная продуктивность изученных видов в условиях Воронежской области незначительно (в 1,11–1,44 раза) выше по сравнению с Московской областью. Изученные виды относятся к насекомопопьяемым растениям, и завязываемость плодов находится в прямой зависимости от экологических факторов (температуры, ливневых дождей, длительного холодного ненастья и т.д.), различающихся в разные годы. Преимущества их сохранения *ex situ* заключаются в возможности изучения биологии видов, ускоренного их использования в селекции, генетического контроля материала, несложного доступа к коллекции и относительной гарантии ее сохранности. Важно сохранение агробиоразнообразия в условиях фермерских хозяйств (*on farm*) и на приусадебных участках. К основным показателям семенной продуктивности применяли трехфакторный дисперсионный анализ. Дисперсионный анализ потенциальной и реальной семенной продуктивности за три года исследований позволил выявить высокую достоверность различий между эффектами генотипа, года, региона и их взаимодействия. Максимальное влияние на показатели потенциальной и реальной семенной продуктивности оказал регион (31,6–33,8 %). Доля влияния года составила 15,2–16,3 %, генотипа – 17,0–18,4 %. Вклад эффектов парных взаимодействий составлял от 8,2 % до 12,2 %. Эффект взаимодействия всех трех факторов достигал 2,4–3,1 %.

Ключевые слова: *Allium aflatumense*, *Allium cristophii*, *Allium rosenbachianum*, семенная продуктивность, масса 1000 семян, реальная семенная продуктивность.

Для цитирования: Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Еремина Н.А., Кашлева А.И. Семенная продуктивность *Allium L.* подрода *Melanocrommyum* при сохранении *ex situ* Воронежской и Московской областей // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 35–44. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-35-44>.

Original article

SEED PRODUCTIVITY OF *ALLIUM L.* SUBGENUS *MELANOCROMMYUM* AT *EX SITU* CONSERVATION IN THE VORONEZH AND MOSCOW REGIONS

Mariya I. Ivanova, Aleksandr F. Bukharov, Nadezhda A. Eremina, Anna I. Kashleva

All-Russian Research Institute of Vegetable Growing - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", Moscow region, Vereya, Russia

Abstract. This article is devoted to the study of seed productivity as the basis for the reproduction and introduction of endemic species of onions (*Allium aflatumense*, *Allium cristophii*, *Allium rosenbachianum*) and

identification of the possibility of their cultivation in ex situ conditions (in crop conditions) of the Moscow and Voronezh regions. Under the conditions of introduction, a change in the morphometric parameters of seed productivity of the studied species was noted over the years of observation. On alluvial meadow soils of the Moscow region the limiting values of real seed productivity of *A. aflatumense* were 2.56-4.01 g, *A. cristophii* - 2.64-2.80 g, *A. rosenbachianum* - 3.85-4.30 g / plant; on powerful leached black soils of the Voronezh region - 9.03-9.43 g, 5.09-5.51 and 4.68-5.32 g per 1 plant, respectively. At the same time, the potential seed productivity of the studied species in the conditions of the Voronezh region is slightly (1.11-1.44 times) higher compared to the Moscow region. The studied species belong to insect pollinated plants, and fruit set is directly dependent on environmental factors (temperature, heavy rains, prolonged cold weather, etc.), which differ in different years. The advantages of their ex situ conservation are the possibility of studying the biology of the species, their accelerated use in breeding, genetic control of the material, easy access to the collection, and the relative guarantee of its safety. It is important to preserve agrobiodiversity in the conditions of farms (on farm) and in household plots. A three-way analysis of variance was applied to the main indicators of seed productivity. Dispersion analysis of potential and real seed productivity over three years of research revealed high reliability of differences between the effects of genotype, year, region and their interaction. The region had the maximum impact on the indicators of potential and real seed productivity (31.6-33.8%). The share of influence of the year was 15.2-16.3%, genotype - 17.0-18.4%. The contribution of the effects of pair interactions ranged from 8.2% to 12.2%. The effect of interaction of all three factors reached 2.4-3.1%.

Keywords: *Allium aflatumense*, *Allium cristophii*, *Allium rosenbachianum*, seed productivity, weight of 1000 seeds, real seed productivity.

For citation: Ivanova M.I., Bukharov A.F., Eremina N.A., Kashleva A.I. Seed productivity of *Allium* l. subgenus *melanocrommyum* at ex situ conservation in the Voronezh and Moscow regions. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 35-44 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-35-44>.

Введение. Одна из основных задач интродукции – привлечение растительных ресурсов из различных регионов мира для их всестороннего изучения и выявления новых видов растений, представляющих интерес для широкого использования. Изучение плодоношения интродуцированных растений является основной задачей для сохранения в условиях культуры.

Allium Linnaeus (1753:294) (Amaryllidaceae: Alliioideae) – один из крупнейших родов однодольных растений, насчитывающий более 1063 видов [18], который в природе распространен по всему северному полушарию [19]. Почти треть видов произрастает в горной Средней Азии - крупнейшем мировом центре разнообразия луков. Только в горах Тянь-Шаня, отличающихся высоким уровнем эндемизма, в число 16 крупнейших родов включен род *Allium* с 56 тянь-шаньскими эндемиками [20,6]. Результаты последних классификаций предлагают 15 подродов и 56 секций для *Allium*. В пределах рода подрод *Melanocrommyum* Rouy & Foucaud (1910:378) является вторым по величине подродом с около 170 видом [16].

Лук афлатунский *Allium aflatumense* В. Fedtsch. (секция *Asmopetala* R.M. Fritsch) -многолетнее луковичное растение. Эфемероидное растение относится к горным лукам анзурам, для которого характерны весенне-летняя вегетация и длительный период покоя. Эндем Тянь-Шаня, ксеромезофит. Растет в среднегорьях с сильнорасчлененным рельефом и древесно-кустарниковой растительностью. Активный ростовой процесс начинается при средней температуре воздуха +2...+5⁰С и почвы на глубине 10 см +1...+4⁰С. Растения формируют семена в возрасте 5-7 лет. В книге «Редкие и исчезающие виды...» признан редким. Сбор в природе строго запрещён. Используется как лекарственное, пищевое, декоративное и медоносное растение [6,7,10]. В Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН (средняя подзона тайги) отрастает в конце апреля, зацветает в конце мая – начале июня. Длина генеративного побега 118 см, диаметр соцветия 8,2 см. Соцветие - шаровидный зонтик с многочисленными звездчатыми светло-фиолетовыми цветками. Число цветков в соцветии - 198 шт., число завязей – 172, т.е. доля семенификации (завязываемость семян) - 87%, коэффициент вегетативного размножения - около 3. Семенная продуктивность одного растения – 1,33 г. Семена крупные, удлинённо-овальные, морщинистые, черные. В зависимости от года и места репродукции в 1 г насчитывается 178-383 семечки размером от 3,2 до 4,6 мм в длину и 2,5-3,0 мм в толщину. Масса 1000 семян 3,0-5,6 г (Волкова, 2006; Волкова и др., 2012). В Ботаническом саду-институте УНЦ РАН (северная лесостепь) весеннее отрастание приходится на 1-2 декады апреля, когда средняя температура воздуха поднимается выше 0⁰С. Продолжительность вегетации 85-90 суток. В начале 3-й декады мая рост листьев и генеративного побега заканчивается и начинается фаза цветения продолжительностью 15 суток. Отрастание генеративного побега наблюдается в начале мая, его прирост в сутки составляет 5-7 см, высота 90-120 см. Число цветков в соцветии – 80-170 шт. Диаметр соцветия – 7-9 см, диаметр цветка – 1,5-1,7 см. Продолжительность цветения цветка – 5-7 дней, соцветия – 9-11 дней, растения 13-16 дней. Семена созревают в конце первой – начале второй декады июля. Плодообразование составляет 74-94 %. Реальная семенная продуктивность на 1 генеративный побег - 240-560 шт. семян. Масса 1000 семян 6,5-7,3 г [11].

В условиях Московской области цветение происходит в конце мае – начале июня и продолжается 10-15 дней. Соцветие состоит из 150-250 цветков. Семена ($35-40 \text{ г/м}^2$) созревают в июле.

Лук Кристофа (*A. cristophii* Trautv.) - типовой вид секции *Asteroprason* R.M. Fritsch, является чрезвычайно полиморфным таксоном, особенно в отношении формы и плотности волосяных покровов листовых пластин, длины и диаметра стрелки, размеров и плотности соцветий, а также формы и цвета лепестков [17]. Естественно произрастает на мягких склонах гор, преимущественно в нижнем поясе. Эндем горной Туркмении. Луковичный геофит с эфемероидным типом развития. Виталитет особей, в основном, зависит от запаса питательных веществ в луковичке и влияет на морфометрические показатели генеративного побега: число листьев, высоту растений, число цветков и завязавшихся плодов, общее число семян. В условиях Узбекистана при наличии 3-х листьев на растении отмечено 61,6 цветков в соцветии, 4-х - 77,3, 5-ти – 79,3, 6-ти – 130,7 цветков в соцветии, т.е. с увеличением числа листьев на растении увеличиваются показатели потенциальной семенной продуктивности (число цветков) и реальной семенной продуктивности. Семена плоские, яйцевидные с острыми краями; поверхность сетчатая, на спинке больше выступов, шелковисто-глянцевые черные; длиной 3-3,5 мм, шириной 2,5-3 мм, толщиной 2-2,5 мм [15]. Естественно произрастает на мягких склонах гор, преимущественно в нижнем поясе. Эндем горной Туркмении. Луковичный геофит с эфемероидным ритмом развития.

A. rosenbachianum Regel. (секция *Megaloprason* Wendelbo) – лук Розенбаха, луковичное травянистое растение. Естественно произрастает на мелкозёмных площадках в среднем поясе гор, в тени скал и деревьев. Эндем Юго-Западного Памиро-Алая. Луковича шаровидная, 1,5–2,5 см в диаметре. Генеративный побег несёт 2–5 листьев, от линейно-ланцетных до широколинейных, 0,5–1,5 см шириной, почти с гладкими краями, значительно короче черешка. Цветение в мае, плодоношение – июль [8]. У л. Розенбаха цветоножки неравные, центральные в два раза длиннее, в среднем $42,7 \pm 1,8$ мм, в 3–9 раз длиннее околоцветника, двояковыпуклые; листочки околоцветника узколинейные, постепенно отходящие от основания, острые, в длину отогнутые и скрученные, темно-фиолетовые, с более темной жилкой. У л. Розенбаха в условиях Коми Республики цветки в числе 171 шт. в одном соцветии, завязываемость плодов 64,3 %, семенная продуктивность одного растения – 1,0 г, масса 1000 семян 6,02 г [5]. В условиях Республики Башкортостан число цветков в соцветии – 90-208 шт., завязываемость плодов – 62-68 %, реальная семенная продуктивность одного зонтика 155-255 шт., масса 1000 семян 7,9 г [12].

Цель исследования – выявить реализацию семенной продуктивности представителей *Allium* L. подрода *Melanocrommyum* (л. афлатунский, л. Кристофа, л. Розенбаха) при сохранении *ex situ* Воронежской и Московской областей – в культуре, которое позволяет более детально изучить биологию вида, понять причины его редкости и подготавливать базу для проведения реинтродукционных работ. Введение в культуру редких видов позволяет снизить нагрузку на природные популяции и является одним из действенных методов сохранения биоразнообразия.

Материалы и методика исследований. Материалом для исследований служили соцветия л. афлатунского (рис. 1), л. Кристофа (рис. 2) и л. Розенбаха (рис. 3) из биоколлекции ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО (Московская область, Раменский р-н, 2020-2022 гг.) и Воронежской овощной опытной станции (ВООС – филиал ФГБНУ ФНЦО). Растения IX-XII годов жизни. Измерения проводили на 10 модельных растениях. Уборку соцветий провели в фазу созревания семян: в условиях Московской области у л. афлатунского - 15 июля в 2020 г., 6 июля в 2021 г. и 30 июня в 2022 г.; л. Кристофа – 11 июля в 2020 г., 8 июля в 2021 г. и 4 июля в 2022 г.; л. Розенбаха - 12 июля в 2020 г., 5 июля в 2021 г. и 30 июня в 2022 г.; в условиях Воронежской области все виды убирали в один день, в 2022 г. – 12 июля, в 2021 г. – 6 июля, в 2022 г. – 7 июля.



Рисунок 1 –
Л. афлатунский



Рисунок 2 –
Л. Кристофа



Рисунок 3 –
Л. Розенбаха

Измеряли высоту стрелки (см.), диаметр соцветия (см.), диаметр и высоту цветоножки (см.), длину

цветоножек нижнего, среднего и верхнего ярусов (см.). Семенную продуктивность (в расчете на одно соцветие) изучали по общепринятой методике [1]. При этом учитывали следующие показатели: число цветков в соцветии, число осемененных плодов в соцветии (шт.), завязываемость плодов (%), число семян в соцветии (шт.), средняя осемененность плодов (шт./плод), число семян в соцветии (шт.), массу 1000 семян (г), реальную семенную продуктивность (г/растение), потенциальную семенную продуктивность (г/растение), коэффициент реализации семенной продуктивности (%). Завязываемость плодов рассчитывали как отношение числа осемененных плодов в соцветии к числу цветков в соцветии, выраженное в процентах. Коэффициент сенификации определяли как отношение реальной семенной продуктивности к потенциальной семенной продуктивности, выраженное в процентах. Об изменении коэффициента сенификации судили по показателям завязываемости плодов и числа семян в плоде. Для определения массы семени каждого растения взвешивали на аналитических весах OHAUS Explorer Pro EP 214 С.

Статистически анализ выполнен с помощью программного приложения Excel. Определяли минимальные (X_{\min}), максимальные (X_{\max}) и средние ($X_{\text{ср}}$) значения показателей, среднюю квадратическую погрешность среднего арифметического ($S_{X_{\text{ср}}}$) и коэффициент вариации (C_v), вклад факторов в развитие признаков семенной продуктивности.

Климат Воронежской области континентальный. Зима суровая, лето сравнительно короткое, но жаркое. Среднегодовая температура воздуха – 5,1 °С. Период со среднесуточной температурой выше 10 °С начинается 20–29 апреля и заканчивается 29–30 сентября, продолжаясь в среднем 151 день. Переход температуры воздуха через 15 °С наблюдается 11–30 мая и 3–12 сентября. Заморозки возможны до первой декады июня. Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10 °С равна 2000–2250 °С, а выше 15°С – 1450–1650 °С. Среднегодовое количество осадков – 503 мм. Преобладающие почвы – мощные выщелоченные черноземы. Содержание гумуса до 6,4 %. Реакция почвенного раствора (рН) – 6,0–6,3 (близка к нейтральной). Сумма поглощенных оснований в среднем составляет 44,1 мг-экв. на 100 г. Содержание подвижного фосфора – 16–32 мг/100 г и выше. Содержание обменного калия повышенное (12–18 мг/100 г и выше).

Климат Московской области умеренно континентальный. Лето тёплое, зима умеренно холодная; континентальность возрастает с северо-запада на юго-восток. Период со среднесуточной температурой ниже 0 °С длится 120-135 дней, начинаясь в середине ноября и заканчиваясь в конце марта. Среднегодовая температура на территории области колеблется от 2,7 до 3,8 °С. Самый холодный месяц - январь (средняя температура на западе области -10 °С, на востоке -11 °С). Самый тёплый месяц - июль (средняя температура +17 °С). Среднегодовое количество осадков 450-650 мм. Почва - аллювиальная луговая, среднесуглинистая, окультуренная, влагоемкая. Глубина пахотного слоя 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2,0 м. Наименьшая влагоемкость пахотного слоя почвы 29,5-30,3 %, слоя почвы 40-60 см – 30,0-31,3 %. Объемная масса верхнего слоя – 1,18-1,22 т/м³, нижележащих слоёв - 1,22-1,24 т/м³. Плотность твердой фазы почвы (удельная масса) - 2,58–2,60 т/м³. Сквозность почвы оптимальная для сельскохозяйственных культур, колеблется по слоям от 52,1 до 55,0 %. рН солевой вытяжки 5,8-6,01, содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 2,71 до 3,34 %, общего азота от 0,19 до 0,24 %, нитратного азота 4,21-6,98 мг/100 г, содержание фосфора в почве - 15,27–22,15 мг/100 г, обеспеченность калием - 6,95–12,5 мг/100 г. Гидролитическая кислотность низкая 0,7-0,8 мг-экв./100 г, сумма поглощенных оснований средняя 35,65–36,42 мг-экв./100 г, степень насыщенность почвы основаниями высокая 97,82–98,9 %.

Результаты и их обсуждение. У л. афлатунского в условиях искусственного фитоценоза Московской области на аллювиальных луговых почвах высота генеративного побега варьировала в пределах 958-1123 мм, диаметр соцветия – 64-78 мм, высота соцветия – 35-52 мм, на мощных выщелоченных черноземах Воронежской области – 1254-1306 мм, 80-85 и 57-62 мм соответственно (табл. 1). В Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН (средняя подзона тайги) высота генеративного побега 1180 мм, диаметр соцветия 82 мм [3, 4], в Ботаническом саду-институте УНЦ РАН (северная лесостепь) - 900-1200 мм и 70-90 мм соответственно [11].

Таблица 1 – Морфометрические показатели ($X_{\text{ср}} \pm S_{X_{\text{ср}}}$) репродуктивных органов *Allium L.* подрода *Melanostomum*, мм (2020 – 2022 гг.)

Признак	Московская область			Воронежская область		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	2	3	4	5	6	7
л. афлатунский						
Высота цветущих растений	996±52,1	958±48,9	1123±56,3	1254±52,8	1289±61,5	1306±62,4
Диаметр соцветия	75±3,9	64±3,2	78±4,2	85±3,8	83±4,0	80±3,5
Высота соцветия	45±2,4	35±1,9	52±2,6	62±3,4	57±2,9	59±2,6

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
л. Кристофа						
Высота цветущих растений	879±52,7	795±56,8	909±61,3	963±59,7	982±60,3	1098±61,1
Диаметр соцветия	132±8,8	144±9,6	136±9,4	173±10,6	178±10,2	172±9,8
Высота соцветия	129±9,7	148±10,5	138±9,9	182±10,8	188±11,9	185±11,1
л. Розенбаха						
Высота цветущих растений	778±38,7	740±37,9	791±41,3	893±31,3	948±44,1	988±42,9
Диаметр соцветия	95±10,6	98±10,8	105±11,7	103±10,5	99±9,6	108±10,2
Высота соцветия	84±11,8	85±10,7	91±10,4	93±8,4	95±7,7	98±6,9

У л. Кристофа в условиях Московской области высота генеративного побега была на уровне 795-909 мм, диаметр соцветия – 132-144 мм, высота соцветия – 129-148 мм, в Воронежской области – 963-1098 мм, 172-178 и 182-188 мм соответственно. В Башкирском Предуралье высота генеративного побега составила 233-313 мм, диаметр соцветия – 152-160 мм [13], Республики Коми – 117-135 мм и 92-143 мм соответственно [5].

У лука Розенбаха в условиях Московской области высота генеративного побега записана 740-791 мм, диаметр соцветия – 95-105 мм, высота соцветия – 94-91 мм, Воронежской области – 893-988 мм, 99-108 и 93-98 мм соответственно. В условиях Республики Башкортостан высота генеративного побега составила 600-825 мм, диаметр соцветия – 110-130 мм [14], Республики Коми – 1120-1470 мм и 117-135 мм соответственно [5].

Число цветков (в расчете на счетную единицу – соцветие, побег, растение) – это один из показателей, который определяется при изучении семенной продуктивности. Число цветков является показателем потенциального образования плодов. В завязи цветка определяется число семян для расчета потенциальной семенной продуктивности (у видов с нефиксированным числом семян) [2,9]. Этот показатель используется при характеристике фенофазы – цветения и декоративных свойств растений. Известно, что многие виды рода *Allium* обладают декоративными свойствами и могут быть использованы при зеленом строительстве. В условиях интродукции наблюдается изменение числа цветков в соцветии по годам наблюдения. Так, в условиях Московской области предельные значения числа цветков в соцветии у л. афлатунского составляли 157,8-311,6 шт., л. Кристофа – 120,2-161,4 шт., л. Розенбаха – 194,4-234,1 шт.; в условиях Воронежской области – 317,8-331,2 шт., 182,4-203,3 и 222,0-237,8 шт. соответственно (рис. 4).

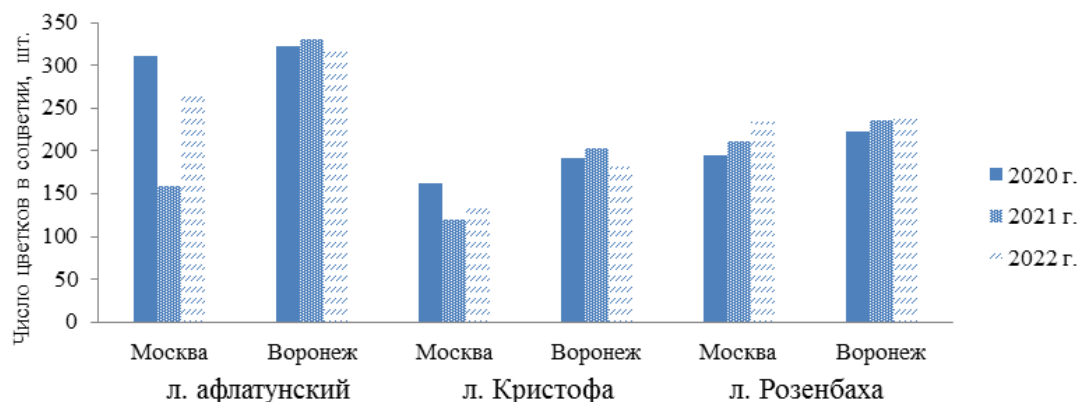


Рисунок 4 – Число цветков в соцветии *Allium* L. подрода *Melanosomum*, шт. (2020 – 2022 гг.)

В предыдущих исследованиях число цветков в соцветии у л. афлатунского составляло 80-198 шт. [4,11], л. Розенбаха – 90-208 [4,12], л. Кристофа – 39,4-48,2 шт. [13].

Один из важнейших этапов изучения репродуктивной биологии – определение семенной продуктивности растений. Так как число семян в завязи – величина постоянная (семян 6), то на формирование потенциальной семенной продуктивности побега влияет изменение числа плодов в соцветии. В условиях Московской области предельные значения числа плодов в соцветии у л. афлатунского составляли 128,6-162,5 шт., л. Кристофа – 106,2-144,0 шт., л. Розенбаха – 143,2-157,1 шт.; в условиях Воронежской области – 289,9-306,0 шт., 169,5-187,1 и 175,1-204,7 шт. соответственно (рис. 5).

Данные виды относятся к насекомоопыляемым растениям, и завязываемость плодов находится в прямой зависимости от экологических факторов (температуры, ливневых дождей, длительного холодного ненастья и т.д.), различающихся в разные годы.

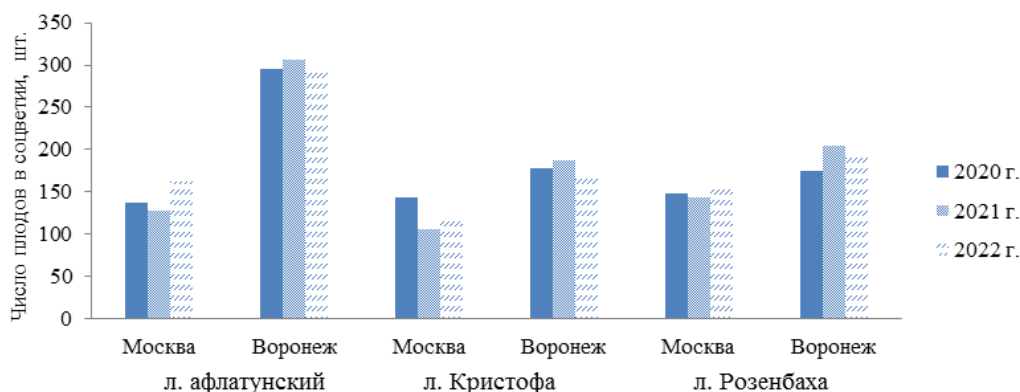


Рисунок 5 – Число плодов в соцветии *Allium L.* подрода *Melanocrommyum*, шт. (2020 – 2022 гг.)

В условиях Московской области предельные значения числа семян в соцветии у л. афлатунского составляли 455,0-738,3 шт., л. Кристофа – 491,7-524,5 шт., л. Розенбаха – 745,9-794,4 шт.; в условиях Воронежской области – 1545,0-1612,6 шт., 867,8-928,0 и 984,7-985,4 шт. соответственно (рис. 6).

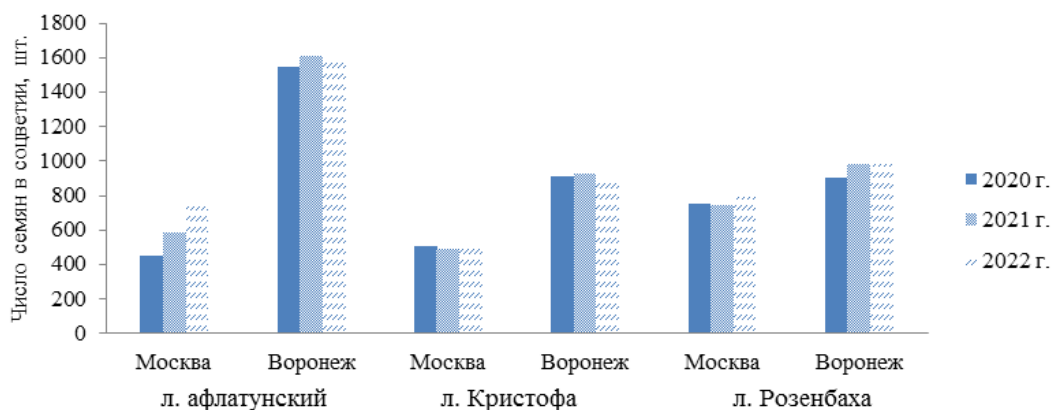


Рисунок 6 – Число семян в соцветии *Allium L.* подрода *Melanocrommyum*, шт. (2020 – 2022 гг.)

В предыдущих исследованиях число семян в соцветии у л. афлатунского составляло 240-560 шт. [11], л. Розенбаха – 746-793 шт. [12], л. Кристофа – 18-24 шт. [13].

Семена цветковых растений являются основными элементами системы адаптивных или репродуктивных стратегий. Среди признаков семян, тесно связанных с репродуктивной стратегией, важным является их масса. Масса 1000 семян в условиях Московской области у л. афлатунского составила 5,06-5,63 г, л. Кристофа – 5,03-5,59 г, л. Розенбаха – 5,12-5,42 г; в Воронежской области – 5,69-6,12 г, 5,86-5,94 и 5,19-5,41 г соответственно (рис. 7).

Как известно, показатели семенной продуктивности плохо поддаются прогнозированию. На формирование семенной продуктивности, кроме внутренних причин (аномалии развития зародыша, стерильность пыльцы и пр.), влияет множество биотических и абиотических внешних факторов.

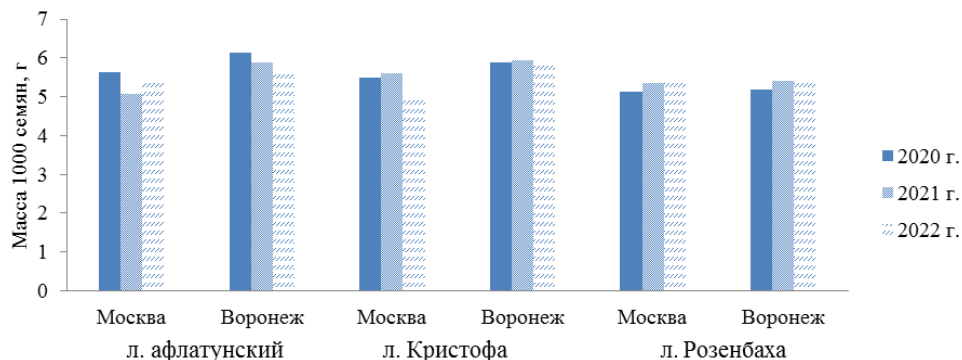


Рисунок 7 – Масса 1000 семян *Allium L.* подрода *Melanocrommyum*, г (2020 – 2022 гг.)

Реальная семенная продуктивность в условиях Московской области у л. афлатунского в среднем 2,94 раза меньше, л. Кристофа – в 1,95 и л. Розенбаха – в 1,26 раза меньше по сравнению с Воронежской областью. При этом потенциальная семенная продуктивность изученных видов в условиях Воронежской области выше всего в 1,11-1,44 раза по сравнению с Московской областью (табл. 2).

Таблица 2 – Изменчивость показателей семенной продуктивности *Allium L.* подрода *Melanocrommyum* (2020–2022 гг.)

Вид лука	Московская область			Воронежская область		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Реальная семенная продуктивность, г/растение						
Л. афлатунский	2,56±0,21	2,95±0,29	4,01±0,28	9,46±0,45	9,47±0,42	9,03±0,39
Л. Кристофа	2,80±0,16	2,75±0,19	2,64±0,11	5,35±0,23	5,51±0,26	5,09±0,19
Л. Розенбаха	3,85±0,17	3,99±0,20	4,30±0,29	4,68±0,32	5,32±0,38	5,30±0,37
Потенциальная семенная продуктивность, г/растение						
Л. афлатунский	10,53±0,84	4,59±0,69	8,69±0,57	11,84±0,62	11,67±0,74	10,85±0,59
Л. Кристофа	5,32±0,27	4,03±0,21	4,18±0,22	6,80±0,32	7,25±0,38	6,41±0,29
Л. Розенбаха	5,98±0,09	6,79±0,08	7,21±0,101	6,91±0,09	7,67±0,08	7,68±0,17

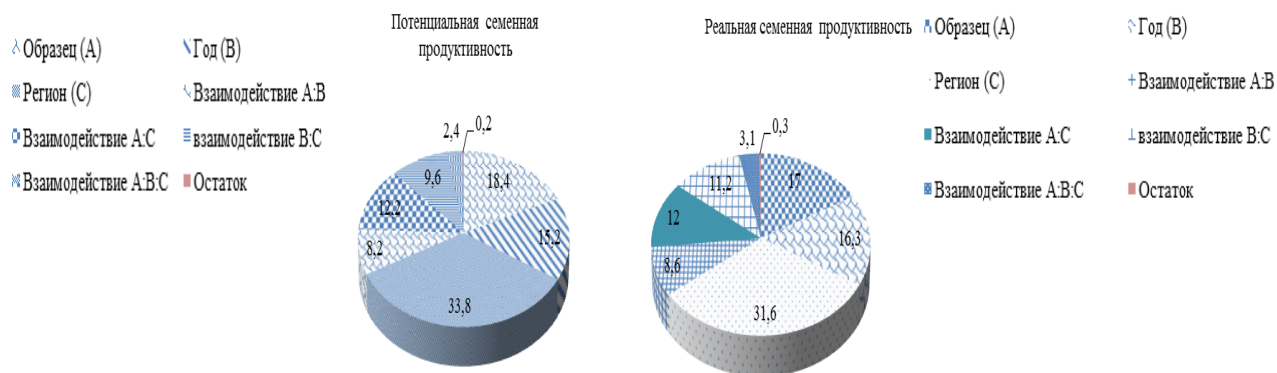
Максимальные значения семенной продуктивности в Воронежской области связаны не столько с числом цветков, сколько с метеорологическими условиями вегетационного периода, благоприятствующие перекрестному опылению.

К основным показателям семенной продуктивности применяли трехфакторный дисперсионный анализ. Дисперсионный анализ потенциальной и реальной семенной продуктивности за три года исследований позволил выявить высокую достоверность различий между эффектами генотипа (А), года (В), региона (С) и их взаимодействия (табл. 3, рис. 8).

Максимальное влияние на показатели потенциальной и семенной продуктивности оказал регион (31,6-33,8 %). Доля влияния года составила 15,2-16,3 %, генотипа – 17,0-18,4 %. Вклад эффектов взаимодействия А:В отмечен как 8,2-8,6%, А:С – 12,0-12,2%, В:С – 9,6-11,2%. Вклад эффектов взаимодействия всех факторов в изменчивость показателей записан как 2,4-3,1 %. Доля случайного фактора составила 0,2-0,3 %.

Таблица 3 – Дисперсионный анализ изменчивости показателей реальной и потенциальной семенной продуктивности *Allium L.* подрода *Melanocrommyum* в системе трехфакторного опыта 2x3 (n=5)

Фактор	Df	Сумма квадратов	Mean Sq	F - value	F ₀₅ (F ₀₁)
Потенциальная семенная продуктивность, г/растение					
Образец (А)	2	323,97	161,99	96,3	3,23 (5,18)
Год (В)	2	265,69	133,39	79,3	3,23 (5,18)
Регион (С)	1	296,78	296,78	176,5	4,08 (7,31)
Взаимодействие А:В	4	289,64	72,41	43,1	2,61 (3,83)
Взаимодействие А:С	2	214,24	107,12	63,7	3,23 (5,18)
Взаимодействие В:С	2	167,93	83,97	49,9	3,23 (5,18)
Взаимодействие А:В:С	4	84,38	21,09	12,5	2,61 (3,83)
Остаток	38	63,969	1,682	-	-
Реальная семенная продуктивность, г/растение					
Образец (А)	2	233,03	116,52	61,4	3,23 (5,18)
Год (В)	2	224,35	112,18	59,1	3,23 (5,18)
Регион (С)	1	217,11	217,11	114,3	4,08 (7,31)
Взаимодействие А:В	4	235,44	58,86	31,0	2,61 (3,83)
Взаимодействие А:С	2	164,27	82,14	43,3	3,23 (5,18)
Взаимодействие В:С	2	153,83	76,92	40,5	3,23 (5,18)
Взаимодействие А:В:С	4	83,69	20,92	11,0	2,61 (3,83)
Остаток	38	72,15	1,899	-	-

Рисунок 8 – Вклад факторов в развитие признаков семенной продуктивности *Allium L.* подрода *Melanocrommyum*, %

Коэффициент семенификации (продуктивности) характеризует фактическую реализацию репродуктивного потенциала вида при культивировании. Этот показатель у испытанных видов был в 1,13-1,81 раза выше в условиях Воронежской области по сравнению с Московской областью (рис. 9). Снижение числа завязавшихся семян по сравнению с количеством семяпочек может быть вызвано несколькими вероятными причинами, среди которых нарушения эмбриогенеза, неблагоприятные условия внешней среды в период закладки репродуктивных органов и плодообразования, недостаточное количество опылителей, повреждение завязавшихся семян насекомыми.

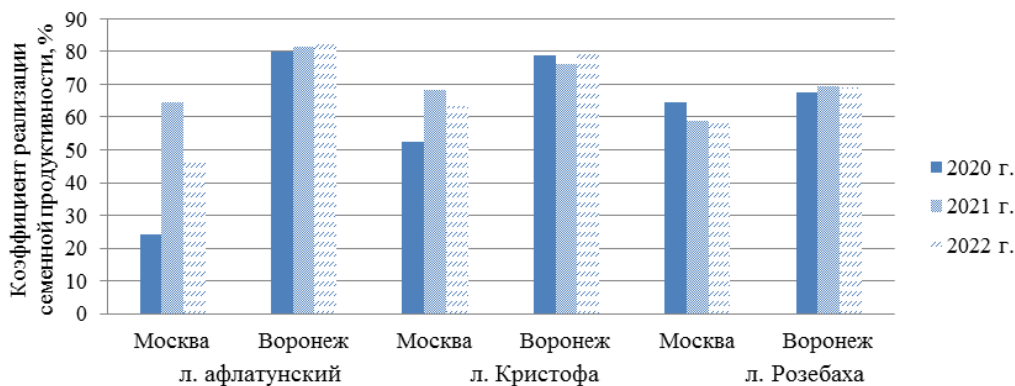


Рисунок 9 – Коэффициент реализации семенной продуктивности *Allium L.* подрода *Melanosotum*, % (2020 – 2022 гг.)

Заключение. Семенная продуктивность – один из важнейших показателей адаптации вида в конкретных условиях обитания. Определение потенциальной и реальной семенной продуктивности и степени их реализации позволяет охарактеризовать репродуктивные возможности вида, способность его к самовоспроизведению в ценопопуляциях. Соотношение между этими показателями – коэффициент семенификации – считается надежным показателем адаптации вида к определенным экологическим условиям и критерием успешного семенного размножения и благополучия популяции. Реальная семенная продуктивность в условиях Московской области у л. афлатунского в среднем 2,94 раза меньше, л. Кристофа – в 1,95 и л. Розенбаха – в 1,26 раза меньше по сравнению с Воронежской областью. При этом потенциальная семенная продуктивность изученных видов в условиях Воронежской области в 1,11-1,44 раза, а коэффициент семенификации (продуктивности) в 1,13-1,81 раза больше по сравнению с Московской областью. Реальная семенная продуктивность изученных видов лука значительно уступает потенциальной, что связано с неполной завязываемостью семян и свидетельствует о низкой степени реализации потенциальных возможностей семяобразования в условиях интродукции.

Знание особенностей стратегий жизни л. афлатунского, л. Розенбаха и л. Кристофа может служить важным инструментом в организации мониторинга состояния их ценопопуляций, разработке комплекса научно-обоснованных мероприятий по рациональному использованию, охране, восстановлению, интродукции, в проведении биомониторинга состояния экосистем, а также в объяснении закономерностей формирования растительного покрова в пределах конкретных территорий. Особенно это важно для видов *Allium*, имеющих ценные хозяйственные признаки и использующиеся как в селекционно-генетических работах, так и в других отраслях народного хозяйства (медицине, фармакологии, садово-парковом дизайне и др.). Максимальное влияние на показатели потенциальной и реальной семенной продуктивности оказал фактор региона (31,6-33,8 %), в меньшей степени факторы генотипа (17,0-18,4 %) и года проведения исследований (15,2-16,3 %). Вклад эффектов парных взаимодействий достигал от 8,2 % до 12,2 %. Эффект взаимодействия всех трех факторов не превышал 2,4-3,1 %.

Список источников

1. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Анализ, прогноз и моделирование семенной продуктивности овощных культур: учебно-методическое пособие. М., 2013. 54 с.
2. Вайнагий И.В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботанический журнал. 1974. Т. 59, № 6. С. 826–831.
3. Волкова Г.А. Среднеазиатские виды рода *Allium L.* (лук) на Европейском севере // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2006. № 4 (102). С. 2-6.
4. Волкова Г.А., Моторина Н.А., Рябинина М.Л. Итоги интродукции среднеазиатских видов лука (род *Allium L.*) на Европейском северо-востоке // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1 (9). С. 2195-2197.
5. Волкова Г.А., Моторина Н.А., Рябинина М.Л. Интродукция луковичных растений в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УРО РАН // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2014. № 12. С. 76-90.

6. Гемеджиева Н.Г., Токенова А.М., Фризен Н.В. Обзор современного состояния и перспективы изучения казахстанских видов рода *Allium* L. // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Т. 20, № 1. С. 97–101.
7. Биохимический состав листьев видов *Allium* L. в условиях Московской области / М.И. Иванова, А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 5. С. 47–50.
8. Комаров В. Флора СССР. Т. 4. Лилейные, орхидные и др. Л.: Академия наук, 1935. 586 с.
9. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений (обзор проблемы). М.: Наука, 1981. 96 с.
10. Перспективы введения в культуру дикорастущих видов рода *Allium* L. пищевого направления / А.В. Солдатенко, М.И. Иванова, А.Ф. Бухаров и др. // Овощи России. 2021. № 1. С. 20–32.
11. Тухватуллина Л.А. Перспективные для культуры на Южном Урале среднеазиатские луки-анзурсы // Вестник ОГУ. 2008. № 12. С. 29–31.
12. Тухватуллина Л.А. Декоративные показатели и агротехника видов рода *Allium* L. при интродукции // Научные ведомости Белгородского государственного университета. 2013. № 7 (160). С. 28–35.
13. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. *Allium christophii* Trautv. при интродукции в Башкирском Предуралье // Известия Оренбургского ГАУ. 2018. № 5 (73). С. 127–128.
14. Тухватуллина Л.А., Абрамова Л.М. Биологические особенности редкого вида Средней Азии *Allium rosenbachianum* RGL. при интродукции в Южно-Уральском ботаническом саду // Известия Уфимского научно-центра РАН. 2019. № 1. С. 47–51.
15. Уралов А.И., Печеницын В.П. Зависимость семенной продуктивности луковичных видов *Allium* L. от количества листьев на генеративном побеге // Доклады академии наук Республики Узбекистан. 2015. № 3. С. 74–77.
16. Fritsch R.M. Illustrated key to the sections and subsections and brief general circumscription of *Allium* subgen. *Melanocrommyum* // Phytom (Horn, Austria). 2012. No 5 (1). P. 1–37.
17. Fritsch R.M. A Preliminary Review of *Allium* subgen. *Melanocrommyum* in Central Asia. Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben (IPK). 2016. 288 p.
18. R. Worldchecklist of Amaryllidaceae Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew / Govaerts, S. Kington, N. Friesen et al. 2023. Available from: <http://apps.kew.org/wcsp/> (accessed 25 April 2023)
19. Seregin A., Anačkov G., Friesen N. Molecular and morphological revision of the *Allium saxatile* group (Amaryllidaceae): geographical isolation as the driving force of underestimated speciation // Botanical Journal of the Linnean Society. 2015. No 178 (1). P. 67–80.
20. An annotated checklist of endemic vascular plants of the Tian-Shan Mountains in Central Asian countries / K. Sh. Tojibaev, C.G. Tojibaev, G.A. Jang et al. // Phytotaxa. 2020. No 464 (2). P. 117–158.

References

1. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. *Analiz, prognoz i modelirovanie semennoj produktivno-sti ovoshhny'kh kul'tur: uchebno-metodicheskoe posobie*. M., 2013. 54 s.
2. Vajngaj I.V. *O metodike izucheniya semennoj produktivnosti rastenij* // *Botanicheskij zhurnal*. 1974. T. 59, # 6. S. 826–831.
3. Volkova G.A. *Sredneaziatskie vidy` roda Allium L. (luk) na Evropejskom severe* // *Vestnik Instituta biologii Komi NCZ UrO RAN*. 2006. # 4 (102). S. 2–6.
4. Volkova G.A., Motorina N.A., Ryabinina M.L. *Itogi introdukcii sredneaziatskix vidov luka (rod Allium L.) na Evropejskom severo-vostoke* // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*. 2012. T. 14, # 1 (9). S. 2195–2197.
5. Volkova G.A., Motorina N.A., Ryabinina M.L. *Introdukcziya lukovichny'kh rastenij v Botanicheskom sadu Instituta biologii Komi NCZ URO RAN* // *Byulleten` botanicheskogo sada Saratovskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2014. # 12. S. 76–90.
6. Gemedzhieva N.G., Tokenova A.M., Frizen N.V. *Obzor sovremennogo sostoyaniya i perspektivy` izucheniya kazxstanskix vidov roda Allium L.* // *Problemy` botaniki YUzhnoj Sibiri i Mongolii*. 2021. T. 20, # 1. S. 97–101.
7. *Biokhimicheskij sostav list`ev vidov Allium L. v usloviyax Moskovskoj oblasti / M.I. Ivanova, A.F. Bukharov, D.N. Baleev i dr.* // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019. T. 33, # 5. S. 47–50.
8. Komarov V. *Flora SSSR. T. 4. Lilejny'e, orkxidny'e i dr. L.: Akademiya nauk*, 1935. 586 s.
9. Levina R.E. *Reproduktivnaya biologiya semenny'kh rastenij (obzor problemy`)*. M.: Nauka, 1981. 96 s.
10. *Perspektivy` vvedeniya v kul'turu dikorastushhix vidov roda Allium L. pishhevogo napravleniya / A.V. Soldatenko, M.I. Ivanova, A.F. Bukharov i dr.* // *Ovoshhi Rossii*. 2021. # 1. S. 20–32.
11. Tuxvatullina L.A. *Perspektivny'e dlya kul'tury` na YUzhnom Urale sredneaziatskie luki-anzury`* // *Vestnik OGU*. 2008. # 12. S. 29–31.
12. Tuxvatullina L.A. *Dekorativny'e pokazateli i agrotekhnika vidov roda Allium L. pri introdukcii* // *Nauchny'e vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. # 7 (160). S. 28–35.
13. Tuxvatullina L.A., Abramova L.M. *Allium shri`stophii` Trautv. pri introdukcii v Bashkirskom Predural'e* // *Izvestiya Orenburgskogo GAU*. 2018. # 5 (73). S. 127–128.
14. Tuxvatullina L.A., Abramova L.M. *Biologicheskie osobennosti redkogo vida Srednej Azii Allium rosenbachi`anum RGL. pri introdukcii v YUzhno-Ural'skom botanicheskom sadu* // *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo centra RAN*. 2019. # 1. S. 47–51.
15. Uralov A.I., Pecheniczy`n V.P. *Zavisimost` semennoj produktivnosti lukovichny'kh vidov Allium L. ot kolichestva list`ev na generativnom pobege* // *Doklady` akademii nauk Respubliki Uzbekistan*. 2015. # 3. S. 74–77.
16. Fri`tsch R. M. *Illustrated key to the sections and subsections and brief general circumscription of Allium subgen. Melanocrommyum* // *Phyton (Horn, Austria)*. 2012. No 5 (1). P. 1–37.
17. Fri`tsch R.M. *A Preliminary Review of Allium subgen. Melanocrommyum in Central Asia*. Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung Gatersleben (IPK). 2016. 288 p.
18. Govaerts, R., Kington, S., Friesen, N., Fri`tsch, R., Sni`jman, D.A., Marcucci, A., Si`lverstone-Sopki`n, P.A. & Brullo, S. (2023) *Worldchecklist of Amaryllidaceae. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew*. Available from: <http://apps.kew.org/wcsp/> (accessed 25 April 2023)

19. Seregin A., Anačkov G., Fri`esen N. *Molecular and morphologi`cal revi`si`on of the Alli`um saxati`le group (Amarylli`daceae): geographi`cal i`solati`on as the dri`vi`ng force of underesti`mated speci`ati`on // Botani`cal Journal of the Li`nnean Soci`ety. 2015. No 178(1). R. 67-80.*

20. Toji`baev K.Sh., Jang C.G., Lazkov G.A., Chang K.S., Si`tpayeva G.T., Safarov N. *et al. An annotated checkli`st of endemic vascular plants of the Ti`an-Shan Mountai`ns in Central Asi`an countri`es. Phytotaxa. 2020. No 464(2). R. 117-158.*

Информация об авторах:

И.М. Ивановна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, ivanova_170@mail.ru.

А.Ф. Бухаров – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, afb56@mail.ru.

Н.А. Еремина – младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, vniioh@yandex.ru.

А.И. Кашлева – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, vniioh@yandex.ru.

Information about the authors:

M.I. Ivanova - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, VNIIO - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNTSO, ivanova_170@mail.ru.

A.F. Bukharov - Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, VNIIO - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNTSO, afb56@mail.ru.

N.A. Eremina - Junior researcher of the Department of Breeding and Seed Production, VNIIO - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNTSO, vniioh@yandex.ru.

A.I. Kashleva - Candidate of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, VNIIO - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNTSO, vniioh@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 09.09.2023; одобрена после рецензирования 05.10.2023, принята к публикации 10.10.2023.

The article was submitted 09.09.2023; approved after reviewing 05.10.2023; accepted for publication 10.10.2023.

© Иванова М.И., Бухаров А.Ф., Еремина Н.А., Кашлева А.А.

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE**

Научная статья

УДК 636.225:636.22/28.03

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-44-49

**ФОРМИРОВАНИЕ МЯСНЫХ ФОРМ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
БЫЧКОВ АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОДЫ**

Владимир Васильевич Кривопушкин, Елена Андреевна Кривопушкина
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Бычки абердин-ангусской породы, аналоги по возрасту и живой массе при отъёме от матерей, сформировали в 18 месяцев живую массу 510,73 кг, это на 8,07 % больше, чем у бычков среднего уровня роста и на 17,16 % больше при $P \geq 0,95$, чем у бычков, умеренно формировавших живую массу. За период от 8 до 18 месяцев животные 1 группы увеличили высоту в холке на 16,62 см, 2 группы – на 14,49 см, 3 группы – на 15,16 см. Косая длина туловища на 26,05 см, 22,75 см и 21,55 см соответственно. Обхват груди за лопатками на 43,82 см, 35,7 см, 40,92 см соответственно. Полуобхват таза горизонтальный, показывающий развитие мышц окорока, увеличился на 37,81 см, 37,68 см, 37,93 см соответственно. Убойный выход у бычков составил соответственно группам 57,15 %; 57,67 % и 55,76 %. Мякоти в охлаждённых тушах бычков 1 группы содержалось 81,19 %, костей 16,67 %, хрящей и сухожилий 2,14 % при коэффициенте мясности 4,32. В охлаждённых тушах бычков 2 группы мякоти содержалось 80,79 %, костей 16,31 %, хрящей и сухожилий 2,90 % при коэффициенте мясности 4,21. В охлаждённых тушах бычков 3 группы мякоти содержалось 80,06 %, костей 17,08 %, хрящей и сухожилий 2,86 % при коэффициенте мясности 4,02.

Ключевые слова: бычки, весовой и линейный рост, мясная продуктивность, состав туши.

Для цитирования: Кривопушкин В.В., Кривопушкина Е.А. *Формирование мясных форм и продуктивность бычков абердин-ангусской породы // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 44-49. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-44-49>.*

Original article

FORMATION OF MEAT FORMS AND PRODUCTIVITY OF ABERDEEN-ANGUS BULL CALVES

Vladimir V. Krivopushkin, Elena A. Krivopushkina

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. Aberdeen Angus bull calves, similar in age and live weight when weaned from their mothers, formed a live weight of 510.73 kg at 18 months, which is 8.07% more than bull calves of average height and 17.16% more at $P \geq 0.95$ than in bull calves that moderately formed live weight. Over the period from 8 to 18 months, animals of group 1 increased the height at the withers by 16.62 cm, of group 2 - by 14.49 cm, of group 3 - by 15.16 cm, the oblique body length - by 26.05 cm, 22.75 cm and 21.55 cm respectively; the chest girth behind the shoulder blades – by 43,82 cm, 35,7 cm, 40,92 cm respectively. The horizontal half-girth of the pelvis, showing the development of the ham muscles, increased by 37.81 cm, 37.68 cm, 37.93 cm, respectively. The slaughter yield for bull calves was 57.15% according to the groups; 57.67% and 55.76%. The chilled carcasses of group 1 bulls calves contained 81.19% pulp, 16.67% bones, 2.14% cartilages and tendons, with a meat coefficient of 4.32. The chilled carcasses of bull calves of group 2 contained 80.79% pulp, 16.31% bones, 2.90% cartilages and tendons with a meat coefficient of 4.21. The chilled carcasses of bulls calves of group 3 contained 80.06% pulp, 17.08% bones, 2.86% cartilages and tendons with a meat coefficient of 4.02.

Keywords: bull calves, weight and linear growth, meat productivity, carcass composition.

For citation: Krivopushkin V.V., Krivopushkina E.A. Formation of meat forms and productivity of Aberdeen-Angus bull calves. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 44-49 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-44-49>.

Введение. Научными исследованиями установлено [1, 2, 3], что в процессе роста и развития организм крупного рогатого скота в молодом возрасте интенсивно формирует основу опорно-двигательной системы организма, осевой и периферический скелет. После достижения половой зрелости интенсивнее растёт мышечная ткань, а в старшем возрасте организм животных переходит на стадию накопления жира. При этом интенсивность роста мышечной ткани существенно замедляется. Этот физиологический процесс означает достижение молодняком крупного рогатого скота убойной зрелости и его отправляют на мясо. Но животные разного уровня скороспелости достигают убойной зрелости в разном возрасте, а их туши отличаются количеством, химическим составом и качеством мяса.

Проведёнными исследованиями доказано, что мясной скот в зависимости от уровня скороспелости, в зрелом возрасте формирует разный тип телосложения с разной степенью проявления мясных форм, отличающийся интенсивностью роста и мясной продуктивностью [4]. Учитывая, огромное влияние на интенсивность роста и скороспелость скота мясных пород факторов обильного и полноценного кормления нами в условиях одинакового для исследуемых животных, полноценного кормления выполнены исследования весового и линейного роста бычков абердин-ангусской породы в возрастной динамике [5,6,7].

Целью исследований являлось изучение возрастных особенностей формирования весовых и линейных различий, мясных форм и мясной продуктивности у бычков абердин-ангусской породы.

Для достижения поставленной цели нами решены следующие задачи:

1. Изучена динамика весового и линейного роста бычков абердин-ангусской породы в возрасте 8, 12, 15 и 18 месяцев;
2. Проанализированы мясные формы бычков в возрасте 8, 12, 15 и 18 месяцев;
3. Проанализирована мясная продуктивность и морфологический состав туш бычков разной интенсивности формирования мясных форм в 18 месяцев.

Материал и методы исследований. Исследования проведены в ГОНО ЭСХ «Дятьково» на ферме отделения «Родники». Материалом исследований были бычки абердин-ангусской породы, аналоги по возрасту и живой массе при отъёме от матерей. Исследуемые животные содержались беспривязно, по свободновыгульной технологии в одинаковых условиях, имеющихся в хозяйстве. Кормление бычков выполнялось по стандартизированным нормам и рационам, учитывающим возраст, породу, направление продуктивности, цель выращивания, живую массу, интенсивность роста. Корма бычкам раздавали механизировано, рацион был одинаковым для всех исследуемых животных. Животным был обеспечен свободный доступ к кормам круглосуточно.

Разделение бычков на группы выполнено ретроспективно по живой массе в возрасте 18 месяцев. В 1 группу включены бычки, интенсивно формировавшие живую массу и мясные формы телосложения; 2 группа – бычки средней интенсивности формирования живой массы и мясных форм телосложения; 3 группа – бычки медленно формировавшие живую массу и мясные формы телосложения.

Живая масса бычков определена взвешиванием каждого животного индивидуально, утром до кормления и поения за два контрольных смежных дня с вычислением средних значений.

Мясные формы определяли визуально, по выраженности мышц тазобедренного сочленения. Биометрическую обработку результатов исследований выполнили на персональном компьютере в программе Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Живая масса животных характеризует способность их к росту и развитию организма, используется при бонитировке скота и является одним из основных показателей для отбора животных на племя. Динамика живой массы бычков представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Динамика живой массы бычков

Показатели	Группы бычков		
	1	2	3
Живая масса, кг 8 мес.	203,27±0,88	210,33±11,82	204,18±3,69
12 мес.	330,21±3,97	338,24±7,67	324,27±3,57
15 мес.	431,26±3,75	418,23±7,24	385,04±6,70
18 мес.	510,73±13,48	472,58±12,01	435,90±4,88

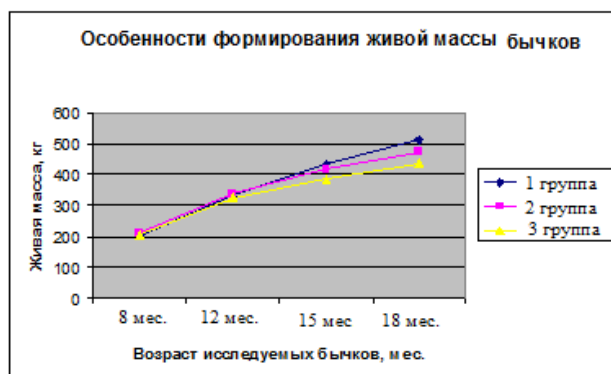


Рисунок 1 - Диаграмма весового роста бычков

Результаты исследований, представленные в таблице 1 и на диаграмме (Рис. 1), свидетельствуют о проявлении стабильных различий в весовом росте бычков в возрасте 15 месяцев. В возрасте 18 месяцев выявленные различия усилились, но не поменяли рейтинг групп животных, как это происходило в возрасте 8 и 12 месяцев. Это позволяет утверждать, что в возрасте 8 и 12 месяцев у бычков абердин-ангусской породы происходили процессы возрастного становления мясного типа. Но он был нестабилен, следовательно, был ещё не полностью сформирован, а в возрасте 15 месяцев бычки сформировали стабильный мясной тип, характерный для животных каждой группы, и в старшем возрасте он не менялся. Следовательно, возрастом окончательной сформированности мясного типа у бычков абердин-ангусской породы следует считать возраст достижения 15 месяцев.

Результаты линейного роста бычков, изученные по типовым, для мясного скота промерам, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Промеры статей тела бычков

Показатели	Группы бычков		
	1	2	3
1	2	3	4
Промеры в возрасте 8 мес., см			
Высота в холке	98,14±1,24	99,23±2,12	97,39±2,58
Косая длина туловища	113,71±2,38	114,56±3,31	114,02±3,76
Обхват груди	141,33±2,14	143,29±3,10	140,22±3,21
Обхват пясти	16,40±0,22	16,50±1,77	16,60±0,81
Полуобхват таза вертикальный	101,24±2,26	99,82±2,13	97,44±2,11
горизонтальный	88,97±1,16	86,54±1,98	84,41±1,60
Промеры в возрасте 12 мес., см			
Высота в холке	102,74±3,85	103,97±3,69	103,35±3,55
Косая длина туловища	119,66±3,77	120,97±3,33	115,24±2,56
Обхват груди	150,14±3,11	151,34±3,56	148,22±3,45
Обхват пясти	16,60±0,38	17,22±0,27	17,30±1,33
Полуобхват таза вертикальный	110,41±4,16	107,24±2,63	104,31±4,13
горизонтальный	97,12±4,33	93,18±3,35	91,87±2,14
Промеры, см в 15 мес.			
Высота в холке	111,36±2,15	110,24±3,39	107,84±3,87
Косая длина туловища	136,42±7,09	133,77±5,35	132,30±4,12
Обхват груди	175,16±6,21	174,99±5,23	175,40±4,25

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Обхват пясти	20,30±0,38	19,97±0,86	19,02±4,38
Полуобхват таза вертикальный	122,69±2,72	119,47±2,21	118,34±2,53
горизонтальный	122,04±2,86	120,35±3,25	119,67±3,51
Промеры в возрасте 18 мес., см			
Высота в холке	114,76±4,11	113,72±3,28	112,55±5,94
Косая длина туловища	139,94±6,17	137,31±6,21	135,57±2,13
Обхват груди	185,15±6,19	178,99±5,81	181,14±5,91
Обхват пясти	21,30±1,22	20,16±0,77	19,88±0,67
Полуобхват таза вертикальный	133,26±4,98	131,77±4,33	129,55±05,77
горизонтальный	126,78±5,67	124,22±9,56	122,34±5,23

Исследование промеров бычков свидетельствует о разной интенсивности их роста в высоту, длину и ширину. За период от 8 до 18 месяцев животные 1 группы увеличили высоту в холке на 16,62 см, 2 группы – на 14,49 см, 3 группы – на 15,16 см. Косая длина туловища на 26,05 см, 22,75 см и 21,55 см соответственно. Обхват груди за лопатками на 43,82 см, 35,7 см, 40,92 см соответственно. Полуобхват таза горизонтальный, показывающий развитие мышц оконока, увеличился на 37,81 см, 37,68 см, 37,93 см соответственно.

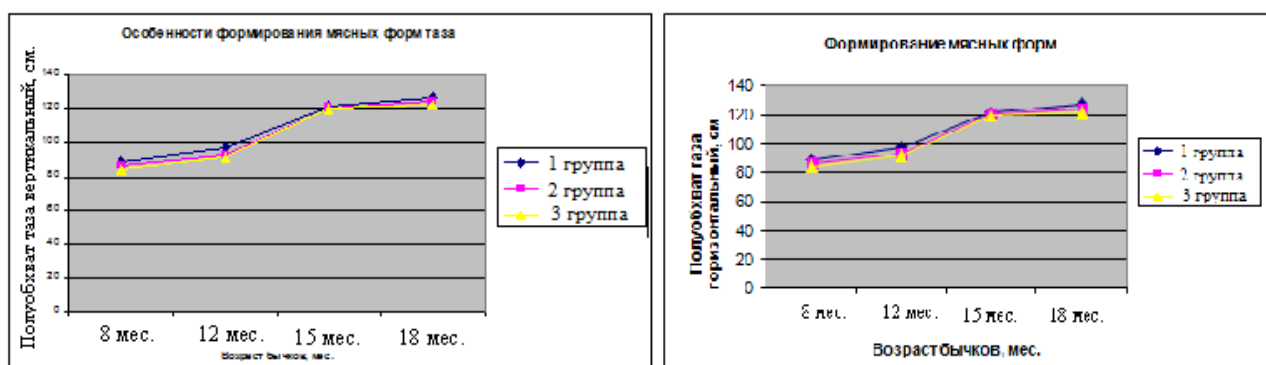


Рисунок 2 - Динамика формирования мясных форм исследуемых бычков

Диаграммы, представленные на рисунке 2, наглядно показывают увеличение интенсивности формирования мясных форм задней трети туловища бычков в 15-месячном возрасте. В возрасте 18 месяцев мышцы оконока продолжили увеличиваться в размерах, но с меньшей интенсивностью, чем в возрастной период от 12 до 15 месяцев. Это свидетельствует о достижении животными убойной зрелости и переходе их организма в стадию накопления жира.

Результаты контрольных убоев исследуемых бычков представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты контрольных убоев бычков

Показатели	Группы бычков		
	1	2	3
Живая масса в конце откорма, кг	509,24±9,67*	471,73±8,94*	438,33±6,18*
Средняя предубойная масса, кг	493,02±6,65	461,33±9,35	421,18±6,64
Масса парной туши, кг	262,24±7,16*	249,07±9,46*	215,64±7,23*
Выход туши, %	53,19±4,38	53,99±8,77	51,20±9,12
Масса внутреннего жира, кг	19,52±1,15	16,98±1,67	19,21±2,23
Выход жира, %	3,96±0,36	3,68±0,67	4,56±1,19
Убойный выход, %	57,15±3,76	57,67±4,28	55,76±8,16

Примечание: * - $P \geq 0,95$.

Результаты исследований показали, что бычки первой группы имели живую массу при снятии с откорма на 37,51 кг больше, чем бычки второй группы и на 70,91 кг больше, чем бычки третьей группы. Бычки второй группы превосходили бычков третьей группы на 343,40 кг. Масса туши бычков 1 группы на 13,17 кг больше, чем у бычков 2 группы и на 46,59 кг больше, чем у бычков 3 группы, бычки 2 группы превосходят бычков 3 группы на 33,43 кг. Эти данные свидетельствуют о высокой взаимосвязи интенсивности формирования живой массы бычков в процессе роста и развития с их мясной продуктивностью. Эти результаты согласуются с результатами исследований отечественных учёных [6, 7].

Таблица 4 - Морфологический состав туш исследуемых бычков

Показатели	Группы бычков		
	1	2	3
Масса охлажденной туши, кг	260,43±7,73	247,93±8,76	213,97±8,54
В том числе: мякоть, кг	211,44±5,38	200,30±4,47	171,31±4,79
Кости, кг	43,41±3,24	40,44±6,19	36,55±4,86
Хрящи и сухожилия, кг	5,57±0,48	7,19±4,56	6,12±3,98
Коэффициент мясности, %	4,32±0,11	4,21±0,16	4,02±3,59

Результаты исследований доказывают, что бычки абердин-ангусской породы интенсивно формирующие мясные формы телосложения отличаются более высокой живой массой, увеличенными промерами, имеют повышенную мясную продуктивность и лучшее качество туш, чем бычки сверстники, отличающиеся средней и пониженной интенсивностью формирования мясных форм. Эти закономерности позволят выбирать для убоя бычков нагуливающих на дальних пастбищах по выраженности мясных форм, а бычков отстающих от лидеров, и формирующих мясные формы менее интенсивно, передержать на пастбище с подкормкой для увеличения мясной продуктивности и качества мяса.

Заключение. Визуальная оценка формирования мясных форм животными специализированных мясных пород имеет важное производственное значение в технологии производства говядины, применяющей предубойный нагул молодняка на удаленных пастбищах, не имеющих оборудования для контроля роста и развития скота взвешиванием или измерением. Контроль убойной зрелости молодняка мясных пород позволит визуально с высокой точностью определять достижение животными убойных кондиций, а это даёт возможность выбирать для убоя только животных с высокими убойными кондициями, упростит технологический процесс и снизит себестоимость производства говядины.

Список источников

1. Лебедько Е.Я., Пилипенко Р.В. Брянская область - регион инновационно-инвестиционного развития специализированного мясного скотоводства // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 3 (79). С. 32-38.
2. Селекционно-генетические параметры роста, развития и типа телосложения ремонтных телок абердин-ангусской породы и помесей с черно-пестрой породой / Батанов С.Д., Старостина О.С., Атнабаева Н.А., Дякин С.И. // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 3. С. 14- 18.
3. Возрастная динамика живой массы крупного рогатого скота абердин-ангусской породы / А.Т. Бисембаев, Ж.М. Касенов, С.Т. Жали и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 3. С. 26-30.
4. Кривопушкин В.В. Методика расчета индекса грубости конституции крупного рогатого скота // Интенсивность и конкурентоспособность отраслей животноводства: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию со дня рождения и 50-летию трудовой деятельности Заслуженного деятеля науки РФ, д-ра с.-х. наук, проф. Гамко Л.Н. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. С. 173-179.
5. Влияние препарата с селеном на рост и формирование мясной продуктивности бычков / Н.Г. Фенченко, Н.И. Хайруллина, Д.Х. Шамсутдинов и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 34-37.
6. Влияние уровня кормления на рост и развитие бычков / О.Н. Луконина, А.А. Вельматов, А.П. Вельматов, Т.Н. Тишкина // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 2. С. 36-39.
7. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скармливании природной минеральной добавки / Д.А. Пилюгайцев, Л.Н. Гамко, А.Н. Гулаков // Аграрная наука. 2019. № 3. С. 20-22.

References

1. Lebed'ko E.Ya., Pilipenko R.V. Bryanskaya oblast` - region innovacionno-investiczionnogo razvitiya specializirovannogo myasnogo skotovodstva // Vestnik Bryanskoj GSKXA. 2020. # 3 (79). S. 32-38.
2. Selekczionno-geneticheskie parametry` rosta, razvitiya i tipa teloslozheniya remonny`kx telok aber-din angusskoj porody` i pomesej s cherno-pestroj porodoj / Batanov S.D., Starostina O.S., Atnabaeva N.A., Dyakin S.I. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2023. # 3. S. 14- 18.
3. Vozrastnaya dinamika zhivoj massy` krupnogo rogatogo skota aberdin angusskoj porody` / A.T. Biseмбаев, Zh.M. Kasenov, S.T. Zhali i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2023. # 3. S. 26-30.
4. Krivopushkin V.V. Metodika rascheta indeksa grubosti konstituczii krupnogo rogatogo skota // Intensivnost` i konkurentosposobnost` otraslej zhitovnovodstva: materialy` mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashh. 75-letiyu so dnya rozhdeniya i 50-letiyu trudovoj deyatel`nosti Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, d-ra s.-kx. nauk, prof. Gamko L.N. Bryansk: Izd-vo Bryanskij GAU, 2016. S. 173-179.
5. Vliyanie preparata s selenom na rost i formirovanie myasnoj produktivnosti by`chkov / N.G. Fen-chenko, N.I. Kxajrullina, D.KX. SHamsutdinov i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2020. # 2. S. 34-37.
6. Vliyanie urovnya kormleniya na rost i razvitie by`chkov / O.N. Lukonina, A.A. Vel`matov, A.P. Vel`matov, T.N. Tishkina // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2023. # 2. S. 36-39.
7. Produktivnost` molodnyaka krupnogo rogatogo skota pri skarmlivanii prirodnoj mineral`noj dobavki / D.A. Pilyugajcezev, L.N. Gamko, A.N. Gulakov // Agrarnaya nauka. 2019. # 3. S. 20-22.

Информация об авторах:

В.В. Кривопушкин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, krivladv@mail.ru.

Е.А. Кривопушкина – кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the author:

V.V. Krivopushkin - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, krivladv@mail.ru.

E.A. Krivopushkina - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Epizootology, Microbiology, Parasitology and Veterinary and Sanitary Expertise, 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 29.09.2023; одобрена после рецензирования 06.10.2023, принята к публикации 11.10.2023.

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 06.10.2023; accepted for publication 11.10.2023.

© Кривопушкин В.В., Кривопушкина Е.А.

Научная статья

УДК 636.2.033.575.174.015.3(043)

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-49-53

**ХАРАКТЕРИСТИКА УБОЙНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧИСТОПОРОДНЫХ
АБЕРДИН-АНГУССКИХ БЫКОВ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ГЕНОТИПОВ ГЕНА GDP – л – ФУКОЗОСИНТЕТАЗА (TSTA3)**

¹Павел Витольдович Пестис, ¹Людмила Александровна Танана, ²Егор Яковлевич Лебедько

¹УО Гродненский ГАУ Гродно, Республика Беларусь

²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация: В материале статьи изучены показатели мясной продуктивности чистопородных быков абердин-ангусской породы. Определено влияние на убойные показатели быков комплекса генов, и, в частности, GDP-л-фукозосинтетаза. Объектами исследований были быки абердин-ангусской породы, разводимой в РСУП «Олекшицы» Гродненской области Республика Беларусь. Убой быков был осуществлен на Волковыском мясокомбинате. Масса парной туши (589,8 кг) в 3-ей опытной группе с генотипом TSTA3^{BB} оказалась на 38,8 и 19,4 кг выше, чем у животных 1-й и 2-й опытных групп с генотипами соответственно TSTA3^{AA} и TSTA3^{AB}. Убойный выход по быкам в 3-ей группе составил 64,3%. Таким образом, оценку мясной продуктивности быков абердин-ангусской породы по гену TSTA3 с генотипом TSTA3^{BB} можно считать эффективным приемом в селекционно-производственной работе с мясным скотом.

Ключевые слова: абердин-ангусская порода, убойные показатели, морфологический состав, естественно-анатомические части, масса туши, убойная масса, убойный выход, коэффициент мясности.

Для цитирования: Пестис П.В., Танана Л.А., Лебедько Е.Я. Характеристика убойных показателей чистопородных абердин-ангусских быков в зависимости от генотипов гена GDP – л – фукозосинтетаза (TSTA3) // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 49-53. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-49-53>.

Original article

**CHARACTERISTICS OF SLAUGHTER INDICATORS OF PURE BRED ABERDEEN-ANGUS BULLS
DEPENDING FROM THE GENOTYPES OF THE GDP – l – FUCOSYNTHEASE (TTA3) GENE**

¹Pavel V. Pestis, ¹Lyudmila A. Tanana, ²Egor YA. Lebed'ko

¹Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The article examines the meat productivity indicators of purebred Aberdeen-Angus bulls. The influence of a complex of genes on the slaughter performance of bulls, and, in particular, GDP-l-fucose synthetase, was determined. The objects of research were bulls of the Aberdeen-Angus breed, bred in the RSUE "Olekshitsy" of the Grodno region, Republic of Belarus. The slaughter of bulls was carried out at the Volkovysk meat processing plant. The weight of the fresh carcass (589.8 kg) in the 3rd experimental group with the TSTA3^{BB} genotype was 38.8 and 19.4 kg higher than that of the animals of the 1st and 2nd experimental groups with the genotypes TSTA3^{AA} and TSTA3^{AB}, respectively. The slaughter yield for bulls in the 3rd group was 64.3%. Thus, assessing the meat productivity of Aberdeen-Angus bulls using the TSTA3 gene with the TSTA3^{BB} genotype can be considered an effective method in breeding and production work with beef cattle.

Key words: Aberdeen - Angus breed, slaughter indicators, morphological composition, natural anatomical parts, carcass weight, slaughter weight, slaughter yield, meatiness coefficient.

For citation: Pestis P.V., Tanana L.A., Lebed'ko E.YA. Characteristics of slaughter indicators of pure bred Aberdeen-Angus bulls depending from the genotypes of the GDP – l – fucosynthetase (TTA3) gene. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (5): 49-53 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-49-53>.

Введение. Животноводство Республики Беларусь сегодня обеспечивает продовольственную безопасность страны и её экономическое благополучие, поскольку оно дает около шестидесяти процентов всей валовой продукции отрасли [1]. Важную роль в этом процессе занимает продукция, произведенная из говядины, полученной от животных специализированных мясных пород. В сельскохозяйственных производственных организациях республики в основном разводятся две специализированные мясные породы: герефордская и абердин-ангусская. Животные абердин-ангусской породы отличаются хорошим развитием задней части туловища, дающей мясо высокого качества. В последние годы в мире разводятся животные абердин-ангусской породы крупного компактного типа телосложения, поскольку они отличаются повышенной скоростью роста и хорошей способностью к откорму. Молодняк этого типа быстрее заканчивает рост и их туши также раньше осаливаются [2]. Главное достоинство быков этой породы – образовывать «мраморное» мясо. В отличие от большинства пород крупного рогатого скота, у абердин-ангуссов жир откладывается в толще мышц, причем толщину жировой прослойки можно регулировать с помощью кормления, а так же использовать маркерную селекцию для выявления животных – носителей желательных аллелей по показателям мясной продуктивности. Маркерная селекция является мощным инструментом селекционного отбора животных, в том числе специализированного мясного скота по признакам, характеризующим качество мяса и накопление внутримышечного жира [3]. На убойные показатели быков специализированных мясных пород оказывает влияние комплекс генов, одним из которых является GDP–л–фукозосинтетаза. Фукоза является компонентом муцинов, присутствующих в слоне и участвует как буфер pH во время ферментации в рубце животных и способствует формированию такого микробного состава рубца, который позволяет наиболее полно использовать питательные вещества корма [4, 6].

Подводя итог изложенному выше, следует отметить, что большой интерес представляет изучение влияния различных аллельных форм гена TSTA3 на показатели чистопородных абердин-ангусских быков в зависимости от генотипов гена GDP–л–фукозосинтетаза.

Целью исследований явилось изучение убойных показателей чистопородных быков абердин-ангусской породы в зависимости от полиморфизма гена TSTA3.

Материал и методы исследований. Для проведения исследований использовали биологический материал (ушной выщип) от чистопородных быков абердин-ангусской породы, разводимых в РСУП «Олекшицы» Берестовицкого района Гродненской области. ДНК–генотипирование животных по гену TSTA3 проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестрактинных фрагментов (ПДРФ) в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «ДНК-технологий» УО «ГГАУ».

Изучение мясной продуктивности, морфологического состава полутуш и соотношение их анатомо-морфологических частей было проведено после контрольного убоя подопытных быков в 16 - месячном возрасте в условиях ОАО «Волковысский мясокомбинат» по методике ВНИИМС (1972).

С целью проведения контрольного убоя были сформированы три группы чистопородных абердин-ангусских быков: в I группе находились животные генотипа TSTA3^{AA}, во II – быки генотипа TSTA3^{AB} и в III группе – животные генотипа TSTA3^{BB}. Из каждой группы для убоя отбирали по пять голов. Учитывали: предубойную живую массу (кг); массу парной и охлажденной туши (кг); убойный выход и выход туши (%); массу внутреннего жира (кг). Изучение морфологического состава туш проводили после 24 – часового охлаждения (0⁰-4⁰С). Левую полутушу расчленяли на пять естественно - анатомических частей (отрубов): шейную – по последнему шейному позвонку, плечелопаточную – по контуру лопатки, спинно-реберную – по последнему грудному позвонку, поясничную с пашиной – по последнему поясничному позвонку и тазобедренную с последующей обвалкой и взвешиванием костей, сухожилий и мякоти.

Статистическую обработку результатов исследований проводили - методами вариационной статистики (Рокицкий П.Ф.[5]), используя компьютерную программу Microsoft Excel. Для обозначения уровня значимости (P) использовали следующие обозначения: * - P ≤ 0,05; ** - P ≤ 0,01; *** - P ≤ 0,001.

Результаты и их обсуждение. Известно, что основными показателями мясной продуктивности являются предубойная масса животных, убойная масса, масса парной туши, выход туши и убойный выход, которые определяли после проведения контрольного убоя животных. Морфологические особенности крупного рогатого скота также определяют уровень мясной продуктивности животных.

Убойные показатели чистопородных абердин-ангусских быков с различными генотипа гена TSTA3, полученные в результате их контрольного убоя на ОАО «Волковысский мясокомбинат», представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели убойных качеств подопытных абердин-ангусских быков в возрасте 16 месяцев ($M \pm m$)

Показатели	Генотип		
	TSTA3 ^{AA} (n = 6)	TSTA3 ^{AB} (n = 5)	TSTA3 ^{BB} (n = 5)
Предубойная масса, кг	551,0 ± 7,08	570,4 ± 13,66	589,8 ± 14,39 *
Масса парной туши, кг	319,0 ± 5,61	333,9 ± 3,97 *	356,1 ± 4,24 **
Выход туши, %	57,9 ± 0,54	58,5 ± 0,93	60,4 ± 1,22
Масса внутреннего жира, кг	20,5 ± 0,38	21,7 ± 0,93	23,3 ± 1,10
Выход внутреннего жира, %	3,72 ± 0,03	3,80 ± 0,11	3,94 ± 0,11
Убойная масса, кг	339,5 ± 2,85	355,6 ± 8,68 *	379,3 ± 7,24 **
Убойный выход, %	61,6 ± 0,53	62,3 ± 0,97	64,3 ± 0,99 *

Полученные в результате исследований данные свидетельствуют о том, что наиболее высокую предубойную массу имели чистопородные абердин-ангусские быки генотипа TSTA3^{BB} – 589,8 ± 14,39 кг, что на 19,4 кг или на 3,4% ($P > 0,05$) и на 38,8 кг или на 7,0% ($P < 0,05$) выше по сравнению с животными генотипов TSTA3^{AB}, TSTA3^{AA}. Определив массу парной туши видно, что гомозиготные по гену TSTA3 быки генотипа TSTA3^{BB} превосходили аналогичные показатели сверстников генотипов TSTA3^{AB} и TSTA3^{AA} на 22,2 кг или 6,6% ($P < 0,05$) и на 37,1 кг или 11,6% ($P < 0,01$) соответственно. По выходу туши и внутреннего жира достоверных различий между группами быков не выявлено и их показатели составляли 57,9 ± 0,54% ... 60,4 ± 1,22% и 3,72 ± 0,03% ... 3,94 ± 0,11% соответственно. По убойной массе исследуемые быки генотипов TSTA3^{BB} и TSTA3^{AB} превышали такой же показатель быков генотипа TSTA3^{AA} на 39,8 кг или на 11,7% ($P < 0,01$) и на 16,1 кг или на 7,1% ($P > 0,05$) соответственно. Самый высокий убойный выход наблюдался у гомозиготных по гену TSTA3 быков генотипа TSTA3^{BB} – 64,3 ± 0,99%, что на 2,0 п.п. ($P > 0,05$) и на 2,7 п.п. ($P < 0,05$) соответственно выше по сравнению со сверстниками генотипов TSTA3^{AB}, TSTA3^{AA}.

Мясная продуктивность чистопородных абердин-ангусских быков в конечном итоге будет характеризоваться не только убойными показателями, но и морфологическим составом полутуш, который является важным качественным признаком. Содержание наиболее ценных в пищевом отношении тканей всегда определяет ценность мяса как продукта питания. Анатомо-морфологический состав чистопородных абердин-ангусских быков изучали после проведения обвалки левых полутуш после их 24-часовой «холодной» выдержки при t 0–4°C. Полутуши разделяли на пять естественно - анатомических частей (отрубов): плечелопаточную, поясничную, тазобедренную и спинно-реберную, шейную. Полученные после обвалки левых полутуш данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Морфологический состав полутуш подопытных абердин-ангусских быков ($M \pm m$)

Показатели	Генотип		
	TSTA3 ^{AA} (n = 6)	TSTA3 ^{AB} (n = 5)	TSTA3 ^{BB} (n = 5)
Масса охлажденной полутуши, кг	159,5 ± 1,12	167,0 ± 1,09 *	179,3 ± 1,14 **
в т.ч. мякоти, кг	124,6 ± 2,74	134,6 ± 1,87 **	150,8 ± 2,35 ***
костей и сухожилий, кг	34,9 ± 0,57	32,4 ± 0,53	28,5 ± 0,64
Содержалось в полутуше, %:			
мякоти	78,1	80,6	84,1
костей и сухожилий	21,9	19,4	15,9
Коэффициент мясности	3,6	4,2	5,3

Анализ данных, полученных в результате контрольного убоя чистопородных абердин-ангусских быков, свидетельствует о том, что гомозиготные и гетерозиготные по гену TSTA3 быки генотипов TSTA3^{BB} и TSTA3^{AB} по массе охлажденной полутуши превосходили сверстников генотипа TSTA3^{AA} на 19,8 кг или 12,4% ($P < 0,01$) и на 5,5 кг или 4,7% ($P < 0,05$) соответственно. По содержанию мякоти в полутуше быки генотипов TSTA3^{BB} и TSTA3^{AB} также опережали сверстников генотипа TSTA3^{AA} на 26,2 кг или 21,0% ($P < 0,001$) и на 10,0 кг или 8,0% ($P < 0,01$) соответственно. Самое высокое содержание костей и сухожилий, наоборот, наблюдалось в полутушах быков генотипа TSTA3^{AA} – 34,9 ± 0,57 кг, что на 2,5 кг или 7,7% и на 6,4 кг или 22,4% выше по сравнению с гетерозиготными по гену TSTA3 быками генотипа TSTA3^{AB} и гомозиготными генотипа TSTA3^{BB} животными ($P > 0,05$). Рассчитав коэффициент мясности, то есть соотношение мякоти к костям и сухожилиям, установили, что самый высокий показатель был у чистопородных абердин-ангусских быков генотипа TSTA3^{BB} – 5,3, что на 1,1 и 1,7 выше по сравнению с гетерозиготными и гомозиготными по гену TSTA3 особями генотипов TSTA3^{AB} и TSTA3^{AA}.

После проведения контрольного убоя быков и определения морфологического состава полутуш было также определено соотношение их естественно-анатомических частей (табл. 3).

Таблица 3 – Соотношение естественно-анатомических частей в полутушах подопытных абердин-ангусских быков в зависимости от генотипов гена TSTA3 (M±m)

Анатомические части	TSTA3 ^{AA} (n = 6)		TSTA3 ^{AB} (n = 5)		TSTA3 ^{BB} (n = 5)	
	кг	%	кг	%	кг	%
Полутуша	159,5±1,01	100	167,0±1,09*	100	179,3±1,14**	100
Шейная	17,5±0,32	11,0	16,6±0,98	9,9	17,2±0,84*	9,5
Плечелопаточная	28,6±0,97	17,9	30,2±0,36**	18,1	32,6±0,68***	18,3
Спиннореберная	45,1±1,65	28,3	46,4±0,81*	27,8	49,2±0,92**	27,6
Поясничная	14,4±0,56	9,0	15,5±0,53**	9,4	17,0±0,55***	9,3
Тазобедренная	53,9±1,70	33,8	58,3±1,01***	34,8	63,3±0,97***	35,3

Полученные результаты свидетельствуют о том, что чистопородные абердин-ангусские гомозиготные и гетерозиготные по гену TSTA3 быки генотипов TSTA3^{BB} и TSTA3^{AB} существенно превосходили своих сверстников генотипа TSTA3^{AA} при разделке и обвалке полутуш по следующим отрубам: тазобедренному на 9,4 кг (17,4%; P < 0,001) – 5,0 кг (8,6%; P < 0,01), поясничному – на 2,6 кг (18,1%; P < 0,001) – 1,5 кг (9,7%; P < 0,01), спиннореберному – на 4,1 кг (9,1%; P < 0,05) – 2,8 кг (6,0%; P < 0,05), плечелопаточному на 4,0 кг (13,9%; P < 0,001) – 2,4 кг (7,9%; P < 0,001).

Заключение. Изучение убойных показателей чистопородных абердин-ангусских быков в зависимости от генотипов гена GDP–л–фукозосинтаза (TSTA3) показало, что по предубойной массе, массе парной туши, убойной массе, убойному выходу, массе охлажденной полутуши и количеству в ней мякоти, животные генотипа TSTA3^{BB} превосходили гетерозиготных и гомозиготных по гену TSTA3 сверстников генотипов TSTA3^{AB} и TSTA3^{AA} на 3,4% и 7,0% (P < 0,05); на 6,6% и 11,6% (P < 0,05); на 6,7% и 11,7% (P < 0,001); на 2,0 п.п. и 2,7 п.п. (P < 0,05); на 7,4% и 12,4% (P < 0,001) и на 12,0% и 21,0% (P < 0,001) соответственно. Соотношение естественно-анатомических частей в левых полутушах свидетельствует о том, что по удельному весу всех отрубов гомозиготные по гену TSTA3 быки генотипа TSTA3^{BB} превышали аналогичные показатели гомозиготных и гетерозиготных по гену TSTA3 сверстников генотипов TSTA3^{AA} и TSTA3^{AB} на 6,0% (P < 0,05) ... 17,4% (P < 0,001).

Список источников

1. Разведение и селекция сельскохозяйственных животных: учебник для вузов / Е.Я. Лебедько, Л.А. Танана, Н.Н. Климов, С.И. Коршун. 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 268 с.
2. Effect of age, weight, and fat slaughter end points on estimates of breed and retained heterosis effects for carcass traits / A. Rios-Utrera et al. // J. of Animal Science. 2006. Vol. 84, №1. P. 63-87.
3. Самылина В.А. Безопасность продуктов питания – стратегическая задача государства // Мясн. индустрия. 2009. № 8. С. 53-57.
4. Neves ALA, Chen Y, Le Cao KA, Mandal S, Sharpton TJ, McAllister T, Guan LL. Taxonomix and functional assessment using metatranscriptomics reveals the effect of Angus cattle on rumen microbial signatures. Animal. 2020 Apr;14(4):731-744. doi: 10.1017/S1751731119002453. Epub 2019 Oct 30. PMID: 31662129.
5. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика: учеб. пособие для биол. фак. ун-тов. 3-е изд., испр. Мн.: Вышэйш. шк., 1973. 320 с.
6. Использование ДНК-тестирования по гену CSN3 в селекции молочного крупного рогатого скота: монография / Л.А. Танана, В.В. Пешко., О.А. Яцына и др. М.: Изд-во «Русайнс», 2022. 166 с.

References

1. Razvedenie i selekciya sel'skokhozyajstvenny'kh zhivotny'kh: uchebnyk dlya vuzov / E.Ya. Lebed'ko, L.A. Tanana, N.N. Klimov, S.I. Korshun. 2-e izd., ster. SPb.: Lan', 2021. 268 s.
2. Effect of age, weight, and fat slaughter end points on estimates of breed and retained heterosis effects for carcass traits / A. Rios-Utrera [et al.] // J. of Animal Science. – 2006. – Vol. 84, #1. – P. 63-87.
3. Samylina V.A. Bezopasnost' produktov pitaniya – strategicheskaya zadacha gosudarstva // Myasn. industriya. 2009. # 8. S. 53-57.
4. Neves ALA, Chen Y, Le Cao KA, Mandal S, Sharpton TJ, McAllister T, Guan LL. Taxonomix and functional assessment using metatranscriptomics reveals the effect of Angus cattle on rumen microbial signatures. Animal. 2020 Apr;14(4):731-744. doi: 10.1017/S1751731119002453. Epub 2019 Oct 30. PMID: 31662129.
5. Rokitskiy P.F. Biologicheskaya statistika: ucheb. posobie dlya biol. fak. un-tov. 3-e izd., ispr. Mn.: Vysh'ejs'k. shk., 1973. 320 s.
6. Ispol'zovanie DNK-testirovaniya po genu CSN3 v selekzii moloch'nogo krup'nogo rogatogo skota: monografiya / L.A. Tanana, V.V. Peshko., O.A. Yacy'na i dr. M.: Izd-vo «Rusajns», 2022. 166 s.

Информация об авторах:

П.В. Пестис – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, УО Гродненский ГАУ.

Л.А. Танана – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры генетики и разведения сельскохозяйственных животных, УО Гродненский ГАУ.

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

Information about the author:

P.V. Pestis - Candidate Agricultural Sciences, Associate Professor, УО Гродненский ГАУ.

L.A. Tanana - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Genetics and Breeding of Farm Animals, Grodno State Agrarian University

E.Ya. Lebed'ko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, 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 29.09.2023; одобрена после рецензирования 06.10.2023, принята к публикации 11.10.2023.

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 06.10.2023; accepted for publication 11.10.2023.

© Пестис П.В., Танана Л.А., Лебедько Е.Я.

Научная статья

УДК 636.22/.28.085.12:636.234.1

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-53-58

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕМИКСОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РЕМОУНТНЫХ ТЕЛОК ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

Сергей Иванович Шепелев, Светлана Евгеньевна Яковлева, Иван Васильевич Малявко
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В условиях промышленных животноводческих комплексов, при выращивании молодняка крупного рогатого скота, наиболее рациональным способом внесения минеральных веществ и витаминов в состав рационов кормления является применение комплексных минерально-витаминных добавок – премиксов, применение которых обеспечивает повышение сбалансированности рационов кормления биологически активными веществами. В проведенных исследованиях установлено, что применение минерально-витаминной добавки в составе премикса П-62 на уровне 1% от сухого вещества рациона при выращивании ремонтных телок голштинской породы в возрасте 6 - 12 месяцев способствует увеличению живой массы на 3,9 кг или на 1,32%, при росте показателя среднесуточного прироста живой массы до уровня 741,1 г/гол или на 22,2 г/гол. Повышение уровня содержания биологически активных веществ в рационах кормления ремонтных телок при применении премикса П-62 способствовало снижению затрат обменной энергии на прирост живой массы на 0,23 ЭКЕ или на 3,0% и переваримого протеина на 21,27 г или на 3,0%. Результаты экономической эффективности применения премикса П-62 в рационах кормления ремонтных телок показали что дополнительная прибыль, полученная от реализации валового прироста в опытной группе, составила 531,6 рубля, при этом доход полученный на 1 руб дополнительных затрат в рационах ремонтных телок опытной группы составил 1,24 руб.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, ремонтные телки, рационы кормления, минерально-витаминные добавки, эффективность выращивания.

Для цитирования: Шепелев С.И., Яковлева С.Е., Малявко И.В. Эффективность применения премиксов при выращивании ремонтных телок голштинской породы // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 53-58. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-53-58>.

Original article

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF PREMIXES WHEN RAISING HOLSTEIN REPLACEMENT HEIFERS

Sergej I. Shepelev, Svetlana E. Yakovleva, Ivan V. Malyavko
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. In the conditions of industrial livestock complexes, when raising young cattle, the most rational way of adding minerals and vitamins into the composition of feeding rations is the use of complex mineral and vitamin supplements - premixes, the use of which provides an increase in the balance of feeding rations with biologically active substances. In the conducted researches, it was found that the use of a mineral and vitamin supplements in the composition of premix P-62 at the level of 1% of the ration dry matter when growing replacement heifers of the Holstein breed at the age of 6-12 months contributes to an increase in live weight by 3.9 kg or 1.32%, with an increase in the average daily gain in live weight to the level of 741.1 g/head or 22.2 g/head. An increase in the level of biologically active substances in the feeding rations of replacement heifers with the use of premix P-62 contributed to a reduction in the costs of metabolic energy for a live weight gain by 0.23 EFU (energy feeding unit) or 3.0% and digestible protein by 21.27 g or 3.0%. The results of the economic efficiency of the use of premix P-62 in the feeding rations of replacement heifers showed that the additional profit received from the sale of gross increase in the experimental group amounted to 531.6 rubles, while the income received for 1 ruble of additional costs in the rations of replacement heifers of the experimental group amounted to 1.24 rubles.

Keywords: cattle, replacement heifers, feeding rations, mineral and vitamin supplements, raising efficiency.

For citation: Shepelev S.I., Yakovleva S.E., Malyavko I.V. The effectiveness of the use of premixes when raising Holstein replacement heifers. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 53-58 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-53-58>.

Введение. При выращивании ремонтных тёлочек основной целью является получение высокопродуктивных коров с хорошо развитой воспроизводительной функцией. В большинстве случаев, более рентабельно выращивание тёлочек, племенное использование которых можно начинать в более раннем возрасте, так как в этом случае сокращаются затраты на содержание животных при увеличении продолжительности использования коров и количества получаемых от них телят. При должном внимании ко всем факторам, животные к периоду начала племенного использования растут в соответствии с предъявляемыми требованиями как по живой массе, так и по экстерьерным особенностям развития. Если не следовать рекомендуемым требованиям то снижается уровень роста и развития ремонтных тёлочек, что приводит к более позднему осеменению и увеличению затрат на их содержание [1,2,3,4].

При выращивании ремонтных тёлочек наряду с содержанием обменной энергии и основных питательных веществ в рационах особенно важно контролировать уровень содержания минеральных веществ и витаминов, недостаток которых снижает интенсивность выращивания молодняка, что в значительной степени увеличивает период начала племенного использования животных [5,6,7].

В условиях промышленных животноводческих комплексов, при выращивании молодняка крупного рогатого скота, наиболее рациональным способом внесения минеральных веществ и витаминов в состав рационов кормления является применение комплексных минерально-витаминных добавок – премиксов, применение которых обеспечивает повышение сбалансированности рационов кормления биологически активными веществами [8,9,10].

В связи с этим исследования направленные на изучение применения премиксов при выращивании ремонтных тёлочек являются актуальными и имеют практическое значение.

Материал и методы исследований. Научно-хозяйственный опыт по применению комплексной минерально-витаминной добавки при выращивании ремонтных тёлочек проводился в условиях ООО «Русское молоко» Брянской области на ремонтных телках голштинской породы крупного рогатого скота. Материалом для проводимых исследований явился витаминно-минеральный премикс П-62 рекомендуемый для восполнения недостатка биологически активных веществ в рационах кормления ремонтного молодняка крупного рогатого скота.

В составе изучаемого премикса находится ряд витаминов, макро- и микроэлементов, которые играют важную биологическую роль для организма животных, при этом представленный сертификат качества премикса гарантирует, что содержание основных микроэлементов и витаминов в премиксе составляет (не менее): железо 1500 мг/кг, медь 1000 мг/кг, цинк 4500 мг/кг, марганец 3500 мг/кг, кобальт 100 мг/кг, йод - 100 мг/кг, селен 50 мг/кг, витамины А - 600 млн. МЕ, Д3 - 150 млн. МЕ, Е - 3500 мг/кг.

Для проведения научно-хозяйственного опыта было сформировано две группы ремонтных тёлочек в возрасте 6 месяцев, со средней живой массой 165,4±3,28 в первой опытной группе и 165,3±3,64 – во второй опытной группе. Количество ремонтных тёлочек в каждой группе составило по 10 голов. Отбор ремонтных тёлочек в группы проводился по методу аналогов с учётом пола, возраста, живой массы и здоровья животных. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группы	Количество голов	Средняя живая масса на начало опыта, кг	Продолжительность опыта, суток	Условия кормления
1-опытная	10	165,4±3,52	180	Хозяйственный рацион
2- опытная	10	165,3±3,28	180	Хозяйственный рацион + премикс П-62 (1% от сухого вещества рациона)

Схема опыта показывает, что ремонтные тёлочки первой опытной группы получали основной хозяйственный рацион, принятый в хозяйстве. Ремонтные тёлочки второй опытной группы получали хозяйственный рацион и дополнительно премикс П-62 в количестве 1% от сухого вещества рациона. Общая продолжительность опыта составила 180 дней. Для учета живой массы и показателей интенсивности роста ремонтных тёлочек весь опыт был разделен на подпериоды продолжительностью по 30 суток. В ходе проведения научно-хозяйственного опыта учитывались показатели изменения живой массы ремонтного молодняка крупного рогатого скота по периодам опыта. Во время всего опыта велись наблюдения за состоянием здоровья ремонтных тёлочек. Так же учитывались данные по поеданию кормов.

Анализ рационов кормления проводился на основании рекомендуемых норм кормления РАСХН 2003 г. Исследования крови проводились по методикам: количество лейкоцитов и эритроцитов в крови

подсчитывали в камере Горяева, гемоглобин – в гемометре Сали, лейкоцитарную формулу - в мазках, окрашенных по Романовскому-Гимза, СОЭ - по Панченкову, гематокрит - с помощью гематокритной центрифуги СМ-70. Фагоцитарный показатель (ФП, %) рассчитывали как процент нейтрофилов, способных к поглощению частиц латекса, фагоцитарный индекс (ФИ, у.е) – как среднее число частиц латекса, поглощенных одним активным нейтрофилом, абсолютный фагоцитоз крови (АФ, $10^9/л$) как - общее количество частиц латекса, поглощаемое нейтрофилами в литре крови. Поглощительную способность нейтрофилов (ФП, %, ФИ, у. е., АФ, $10^9/л$) оценивали в двух состояниях: базальном - в свежезвзятой крови, стабилизированной гепарином и стимулированном - после внесения в пробы крови зимозана. Для оценки эффективности применения премикса определяли затраты энергетических кормовых единиц, обменной энергии и переваримого протеина на единицу прироста живой массы животных. По результатам исследования была проведена экономическая оценка использования премикса П-62 в рационах молодняка крупного рогатого скота. Статистическая обработка материалов исследований проводилась методами вариационной статистики с использованием приложения «MicrosoftExcel».

Результаты и их обсуждение. В ходе постановки научно-хозяйственного опыта был проведен анализ условий кормления телят по периодам опыта по данным хозяйственных рационов. В состав рациона по питательности входили: сено разнотравное 38,4%, сенаж злаково-бобовый 50,4%, дерть ячменная 9,2%, дерть пшеничная 5,7%, дерть кукурузная 5,5%, шрот подсолнечный 1,9%. Данные по составу хозяйственного рациона кормления ремонтных телок показали, что кроме основных кормов, для компенсации недостатка минеральных элементов фосфора и натрия в состав рациона была включена минеральная добавка моносодия фосфат в количестве 60 г на голову в сутки и поваренная соль в количестве 47 г на голову в сутки

Как показывает данные по питательности рациона, в целом рацион сбалансирован по уровню содержания энергии, сырого и переваримого протеина и макроэлементам кальцию и фосфору. Также анализ рациона показал, что в рационе наблюдается значительный недостаток микроэлементов: меди -6,7 мг или 12,0%, цинка-152,3 мг или 48,3%, марганца -26,2 мг или 7,5%, кобальта -2,6 мг или 56,8%, йода - 0,8 мг или 37,0%. Кроме этого в рационе кормления ремонтных телок наблюдается значительный недостаток витамина D в количестве 3280 М.Е. или 68,3%.

После введения в состав рациона кормления ремонтного молодняка крупного рогатого скота премикса П-62 на уровне 70 г/гол в сутки, дефицит большинства минеральных элементов значительно сократился. При этом отмечается что уровень содержания в рационе ремонтных телок микроэлемента меди повысился до уровня 84,2 мг, уровень содержания цинка повысился до уровня 16,7 мг уровень содержания марганца повысился до уровня 358,7 мг, уровень содержания кобальта повысился до уровня 5,4 мг и уровень содержания йода повысился до уровня 2,7 мг. Таким образом применение премикса П-62 в составе рационов кормления ремонтных телок позволило полностью сбалансировать рацион кормления по всем микроэлементам. Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о положительном влиянии премикса П-62 на показатели продуктивности ремонтных телок.

Таблица 2 – Показатели изменения живой массы ремонтных телок по периодам опыта, в среднем на 1 голову

Показатели	Группы		2 опытная в % к 1 опытной
	1 опытная	2 опытная	
1	2	3	4
Живая масса, кг			
в возрасте 6 мес.	165,4±3,14	165,3±3,27	99,94
в возрасте 7 мес.	184,1±3,26	184,4±3,18	100,16
в возрасте 8 мес.	204,0±4,14	204,9±4,21	100,44
в возрасте 9 мес.	225,0±4,54	226,6±4,37	100,71
в возрасте 10 мес.	247,0±5,21	249,6±5,23	101,05
в возрасте 11 мес.	270,0±5,68	273,3±5,44	101,22
в возрасте 12 мес.	294,8±5,24	298,7±5,52	101,32
Валовый прирост за опыт, кг			
за период 6-7 мес.	18,7±0,75	19,1±0,71	102,14
за период 7-8 мес.	19,9±0,88	20,5±0,85	103,02
за период 8-9 мес.	21,0±0,94	21,7±0,82	103,33
за период 9-10 мес.	22,1±0,87	23,0±0,91	104,55
за период 10-11 мес.	23,0±0,92	23,7±0,78	103,04
за период 11-12 мес.	24,8±0,84	25,4±0,82	102,42
За весь период опыта 6-12 мес.	129,4±1,54	133,4±1,48	103,09
Среднесуточный прирост, г			
за период 6-7 мес.	623,3±17,81	636,7±18,34	102,14

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
за период 7-8 мес.	663,3±19,25	683,3±19,02	103,02
за период 8-9 мес.	700,0±20,14	723,3±19,56	103,33
за период 9-10 мес.	733,3±19,62	766,7±19,05	104,55
за период 10-11 мес.	766,7±20,34	790,0±20,32	103,04
за период 11-12 мес.	826,7±19,29	846,7±20,32	102,42
За весь период опыта 6-12 мес.	718,9±18,68	741,1±19,54	103,09

Примечание: *P< 0,05

Так, например, валовой и среднесуточный прирост у животных второй группы был выше по периодам опыта, чем в первой от 2,14 до 4,55%. При этом за весь период опыта среднесуточный прирост телят второй опытной группы составил 741,1 г/гол, что выше показателя первой группы на 3,09%

Повышение интенсивности роста ремонтного молодняка крупного рогатого скота в опытной группе, по нашему мнению связано с тем, что в составе рационов кормления ремонтных тёлочек второй опытной группы было более высокое содержание необходимых для роста минеральных элементов и витаминов содержащихся в премиксе. Все эти компоненты участвуют в образовании мышечной и жировой ткани организма ремонтного молодняка крупного рогатого скота, а также служат материалом для построения костяка животных.

Повышение уровня содержания биологически активных веществ в рационах кормления ремонтных тёлочек стимулирует эритропоэз и лейкопоэз, повышает возможности иммунной системы организма животных (табл. 3)

Таблица 3 – Сравнительные гематологические показатели при применении премикса в рационах ремонтных тёлочек

Показатели	1 опытная	2 опытная	2 опытная в % к 1 опытной
	M±m	M±m	
Эритроциты 10 ¹² /л	8,15±0,23	9,18±0,25*	112,64
Гемоглобин, Г/л	104,85±3,97	106,18±3,58	101,27
Лейкоциты 10 ⁹ /л	8,85±0,14	9,95±0,21	112,43
Нейтрофилы, %	19,92±1,87	23,08±1,74	115,86
Палочкоядерные, %	1,74±0,28	2,73±0,32	156,90
Сегментоядерные, %	18,18±1,14	20,35±1,18	111,94
Эозинофилы, %	1,02±0,48	0,88±0,52	86,27
Базофилы, %	0,85±0,14	0,86±0,16	101,18
Моноциты, %	75,14±2,41	82,11±2,13	109,28
Лимфоциты, %	71,04±2,16	88,52±2,24	124,61

Примечание:*P< 0,05

Содержание эритроцитов в крови ремонтных тёлочек опытной группы оказалось на несколько более высоком уровне, чем в контрольной группе (P< 0,05), при этом несколько возросло содержание гемоглобина – на 1,27%. Количество лейкоцитов в крови животных обеих групп находилось в границах физиологической нормы (4,5-14,0*10⁹/л), но у ремонтных тёлочек второй опытной группы их количество на 12,43% выше, чем в первой группе.

Свидетельством низкой регенерационной способности костного мозга тёлочек контрольной группы является сниженное содержание палочкоядерных нейтрофилов. Под действием комплекса биологически активных веществ премикса гранулопоэз восстанавливается, содержание палочкоядерных нейтрофилов у ремонтных тёлочек второй опытной группы соответствует норме. Относительное количество зрелых, сегментоядерных нейтрофилов в крови у тёлочек второй опытной группы несколько - на 11,94% выше, чем в первой группе, при этом абсолютное количество нейтрофилов на 15,86% превышает их число у контрольных животных.

Уровень базофилов и эозинофилов в крови всех подопытных животных соответствует физиологически нормальным значениям и не изменяется при применении премикса. Следует отметить более высокий уровень моноцитов – на 9,28%, в крови ремонтных тёлочек второй опытной группы. Эти клетки принимают участие в иммунных реакциях. Более высокое их количество может способствовать успешной защите организма от инфекционных заболеваний.

Абсолютное количество лимфоцитов в крови тёлочек второй опытной группы значительно – на 24,61%, превышает уровень этих клеток в крови тёлочек первой группы. Таким образом, если у тёлочек первой группы отмечено угнетение регенерационной способности костного мозга в отношении нейтрофильных гранулоцитов, то применение премикса в рационах ремонтных тёлочек второй опытной

группы эти способности восстанавливает.

На основании учета затрат кормов, энергии и переваримого протеина нами был произведен расчет затрат кормов, энергии и переваримого протеина на прирост живой массы при выращивании ремонтных телок опытных групп за весь период проведения опыта.

Таблица 4 - Затраты энергии и переваримого протеина на прирост живой массы ремонтных телок за период проведения опыта, в среднем на 1 гол.

Показатели	Группы		2 опытная в % к 1 опытной
	1-опытная	2-опытная	
Общие затраты обменной энергии на прирост, ЭКЕ	1008	1008	100,0
Общие затраты переваримого протеина на прирост, г	91800	91800	100,0
Прирост за период опыта, кг	129,4	133,4	103,1
Затраты ЭКЕ на прирост, ЭКЕ\кг	7,79	7,56	97,0
Затраты переваримого протеина, г\кг прироста	709,4	688,2	97,0

При сравнении показателей полученных при выращивании ремонтных телок первой и второй опытной группы, можно отметить что затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста живой массы во второй опытной группе за счет применения премикса были ниже на 0,23 ЭКЕ или на 3,0 %, при этом затраты переваримого протеина на прирост живой массы во второй опытной группе составили 688,2 г\кг, что на 21,27 г или 3,0% ниже по сравнению с первой опытной группой. Таким образом, из результатов проведённых нами исследований установлено, что применение премикса П-62 в количестве 1 % от сухого вещества рациона в составе рациона при выращивании ремонтных телок в зимний период, способствует снижению затрат кормов на единицу прироста живой массы по общей питательности на 0,23 энергетических кормовых единицы, а так же по затратам переваримого протеина на 21,27 грамма.

Расчет затрат кормов при выращивании телят показал что общие затраты основных кормов в контрольной и опытной группе составили 10838,9 руб/гол. Общие затраты на корма с премиксом в опытной группе составили 11267,3 руб/гол. С учётом полученного валового прироста за период проведения опыта во второй опытной группе на уровне 133,4 кг, при реализационной стоимости прироста на уровне 240,0 руб за 1 кг, общая выручка от реализации валового прироста во второй опытной группе составила 32016,0 руб\гол, что на 960,0 руб или 3,1% выше по сравнению с первой опытной группой. Исходя из этого прибыль, полученная от реализации валового прироста во второй опытной группе, составила 8108,7 руб\гол, что на 531,6 рубля или на 7,0% выше по сравнению с первой опытной группой.

Таким образом дополнительный доход от применения премикса П-62 во второй опытной группе ставил 531,6 руб\гол, при этом дополнительный доход полученный на 1 руб дополнительных затрат в рационах ремонтных телок второй опытной группы составил 1,24 руб.

Заключение. В условиях производства наиболее рациональным является применение комплексных минерально-витаминных добавок – премиксов, применение которых обеспечивает повышение сбалансированности рационов кормления животных биологически активными веществами. Установлено, что применение минерально-витаминных добавок в составе премиксов при выращивании ремонтных телок голштинской породы в способствует увеличению интенсивности роста ремонтных телок при значительном повышении эффективности их выращивания.

Список источников

1. Игнатьева Н.Л., Воронова И.В., Филиппова А.Н. Влияние сроков осеменения голштинизированных телок чёрно-пёстрой породы на их молочную продуктивность // Известия Оренбургского ГАУ. 2023. № 3 (95). С. 333-336.
2. Попова С.А., Аржанкова Ю.В., Скопцова Т.И. Продуктивные качества голштинизированного чёрно-пёстрого скота и резервы их повышения на основе оптимизации кормления // Известия Оренбургского ГАУ. 2021. № (87). С. 274-279.
3. Машарова Н.С. Рост телок на рационах с БВМК «Румимакс-Ц» // Зоотехния. 2021. № 9. С. 20-22.
4. Скоркин В.К., Гаджиев А.М. Импортзамещение молочного скотоводства - ускоренное выращивание ремонтного молодняка // Зоотехния. 2022. № 10. С. 15-17.
5. Эффективность применения витаминно-минеральной кормовой добавки в кормлении высокопродуктивного скота молочного направления продуктивности / Буряков Н.П., Бурякова М.А., Загарин А.Ю., Алешин Д.Е. // Зоотехния. 2022. № 1. С. 7-12.
6. Шевхужев А.Ф., Погодаев В.А. Рост и мясные качества молодняка черно-пестрой породы в различные возрастные периоды в зависимости от уровня кормления // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 59-61.
7. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Мищурина 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.
8. Технология приготовления кормосмесей для лактирующих коров с включением плющенного консервированного зерна с минеральной добавкой "Стимул" / Л.Н. Гамко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 61-67.

9. Влияние клиноптилолита на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / М.Г. Чабаяв и др. // Ветеринария. 2020. № 1. С. 38-43.

10. Особенности действия органических и неорганических источников микроэлементов в питании животных (обзор) / В.С. Крюков, С.Г. Кузнецов, Р.В. Некрасов, С.В. Зиновьев // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 3. С. 27-54.

References

1. Ignat`eva N.L., Voronova I.V., Filippova A.N. Vliyaniye srokov osemneniya golshtinizirovanny`kx tyolok chyorno-pyostroy porody` na ikx molochnyuyu produktivnost` // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2023. # 3 (95). S. 333-336.

2. Popova S.A., Arzhankova YU.V., Skopczova T.I. Produktivny`e kachestva golshtinizirovannogo chyorno-pyostroy skota i rezervy` ikx povy`sheniya na osnove optimizaczii kormleniya // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2021. # (87). S. 274-279.

3. Masharova N.S. Rost telok na raczionax s BVMK «Rumimaks-CZ» // Zootekxniya. 2021. # 9. S. 20-22.

4. Skorkin V.K., Gadzhiev A.M. Importozameshhenie molochnogo skotovodstva - uskorennoe vy`rashhivanie remontnogo molodnyaka // Zootekxniya. 2022. # 10. S. 15-17.

5. E`ffektivnost` primeneniya vitaminno-mineral`noj kormovoy dobavki v kormlenii vy`sokopro-ductivnogo skota molochnogo napravleniya produktivnosti / Buryakov N.P., Buryakova M.A., Zagarin A.YU., Ale-shin D.E. // Zootekxniya. 2022. # 1. S. 7-12.

6. SHEVKUZHEV A.F., POGODAEV V.A. Rost i myasny`e kachestva molodnyaka cherno-pestroy porody` v razlichny`e vozrastny`e periody` v zavisimosti ot urovnya kormleniya // Agrarny`j nauchny`j zhurnal. 2022. # 6. S. 59-61.

7. Gamko L.N., Menyakina A.G., Miczurina E.A. Perevarimost` pitatel`ny`kx veshhestv i ispol`zovanie azota u laktiruyushhikx korov pri skarmlivanii kormosmesi s mineral`ny`mi dobavkami // Vestnik Ul`yanovskoy GSKXA. 2022. # 1 (57). S. 194-199.

8. Tekhnologiya prigotovleniya kormosmesej dlya laktiruyushhikx korov s vklyucheniem plyushhennogo konservirovannogo zerna s mineral`noj dobavkoj "Stimul" / L.N. Gamko i dr. // Vestnik Bryanskoj GSKXA. 2023. # 1 (95). S. 61-67.

9. Vliyaniye klinoptilolita na obmen veshhestv i produktivnost` molodnyaka krupnogo rogatogo skota / M.G. CHABAev i dr. // Veterinariya. 2020. # 1. S. 38-43.

10. Osobennosti dejstviya organicheskix i neorganicheskix istochnikov mikroelementov v pitanii zhi-votny`kx (obzor) / V.S. Kryukov, S.G. Kuznecov, R.V. Nekrasov, S.V. Zinov`ev // Problemy` biologii produktivny`kx zhivotny`kx. 2020. # 3. S. 27-54.

Информация об авторах

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

С.Е. Яковлева – доктор биологических наук, профессор кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, yakovleva_sv@rambler.ru

И.В. Малявко – кандидат биологических наук, доцент кафедры доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Information about the authors:

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.

S.E. Yakovleva - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, yakovleva_sv@rambler.ru

I.V. Malyavko - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, 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 29.09.2023; одобрена после рецензирования 06.10.2023, принята к публикации 11.10.2023.

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 06.10.2023; accepted for publication 11.10.2023.

© Шепелев С.И., Яковлева С.Е., Малявко И.В.

Научная статья

УДК 549.25:636.4:612.46

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-58-62

ОСТАТОЧНЫЙ УРОВЕНЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧКАХ ОТКОРМОЧНЫХ СВИНЕЙ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Светлана Ивановна Башина

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Успешное развитие свиноводческой отрасли зависит от правильного кормления и содержания животных и получения экологически чистой продукции. В современном мире человечество сталкивается с воздействием вредных веществ, как эндогенных, так и экзогенных. Однако, тяжелые металлы в органах и тканях сельскохозяйственных животных Брянской области, которая является реги-

оном с развитым животноводством, изучены недостаточно. Наше исследование показало количество остаточного уровня кадмия и свинца в почках пород свиней: крупная белая, ландрас, венгерская мангалица, вьетнамская. Результаты исследования показали, что наибольшей аккумуляцией свинца наблюдалось в почках свиней крупной белой породы, составляющее $0,560 \pm 0,05$ мг/кг. Содержание свинца в почках других пород незначительно варьировало и составляло у породы ландрас - $0,441 \pm 0,0120$ мг/кг, венгерская мангалица - $0,494 \pm 0,009$ мг/кг, вьетнамская - $0,494 \pm 0,013$ мг/кг. Изучение содержания тяжелых металлов в почках свиней показало незначительное превышение кадмия в пробах пород крупная белая, вьетнамская и венгерская мангалица. Это может быть связано с особенностями сезонного кормления, при котором используются растительные корма, возможно, загрязненные в процессе выращивания. В целом, содержание свинца в анализируемых образцах не превышает установленных норм предельно допустимой концентрации. Исходя из наших исследований, можно сделать вывод о том, что содержание токсичных элементов, включая тяжелые металлы, в анализируемом материале почек свиней не превышает допустимого уровня. Почки свиней крупной белой породы и породы ландрас обладают наибольшим элиминирующим свойством по накоплению кадмия. Брянская область, как и другие области Нечерноземья России, является перспективным регионом для развития промышленного свиноводства с получением экологически чистой продукции.

Ключевые слова: свиньи, порода, почки, кадмий, свинец.

Для цитирования: Башина С.И. Остаточный уровень тяжелых металлов в почках откормочных свиней в Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 58-62. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-58-62>.

Original article

RESIDUAL LEVEL OF HEAVY METALS IN THE KIDNEYS OF FATTENING PIGS IN THE BRYANSK REGION

Svetlana I. Bashina

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The successful development of the pig industry depends on proper feeding and maintenance of animals and obtaining organic products. In the modern world, humanity is faced with the impact of harmful substances, both endogenous and exogenous. However, heavy metals in the organs and tissues of farm animals of the Bryansk region, which is a region with developed animal husbandry, have not been studied enough. Our research showed the amount of residual levels of cadmium and lead in the kidneys of pig breeds: large white, Landrace, Hungarian Mangalitsa, Vietnamese. The results of the research showed that the greatest accumulation of lead was observed in the kidneys of large white breed pigs, amounting to 0.560 ± 0.05 mg/kg. The lead content in the kidneys of other breeds varied slightly and was 0.441 ± 0.0120 mg/kg in the Landrace breed, 0.494 ± 0.009 mg/kg in the Hungarian Mangalitsa, 0.494 ± 0.013 mg/kg in the Vietnamese breed. The study of the content of heavy metals in the pig kidneys showed a slight excess of cadmium in the samples of large white, Hungarian Mangalitsa, Vietnamese breeds. This may be due to the peculiarities of seasonal feeding, in which plant feeds are used, possibly contaminated during the cultivation process. In general, the content of lead in the analyzed samples does not exceed the established maximum permissible concentration standards. Based on our researches, it can be concluded that the content of toxic elements, including heavy metals, in the analyzed pig kidney material does not exceed the permissible level. The kidneys of large white and Landrace pigs have the greatest elimination property for the accumulation of cadmium. The Bryansk region, like other regions of the Non-Black Soil Zone of Russia, is a promising region for the development of industrial pig breeding with the production of organic products.

Keywords: pigs, breed, kidneys, cadmium, lead.

For citation: Bashina S.I. Residual level of heavy metals in the kidneys of fattening pigs in the Bryansk region. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (5): 58-62 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-58-62>.

Введение. Свиноводство является одной из наиболее эффективных, высокорентабельных и перспективных отраслей животноводства, так как в отличие от других отраслей не имеет сезонности и занимает ведущее место по удовлетворению населения продуктами питания. Успешное развитие свиноводческой продукции во многом зависит от получения экологически чистой продукции.

Исследования содержания тяжелых металлов в почках свиней так же позволяют оценивать уровень загрязнения окружающей среды и оценить потенциальные риски для здоровья людей, потребляющих продукты животноводства.

Многообразие экологических условий окружающей среды, в частности и Брянской области оказывает существенное влияние на уровень развития свиноводства, специализацию и концентрацию производства. В данной области разработана промышленная технология, но так как в современном мире человечество окружает эндогенное и экзогенное воздействие вредных веществ, а тяжелые металлы относятся к наиболее распространенным поллютантам окружающей среды и по токсичности являются очень опасными, то вопрос по выращиванию экологически чистой продукции остается открытым. Попадая в орга-

низм и проникая в живые клетки тяжелые металлы медленно покидают его, находятся там продолжительное время нарушая его жизнедеятельность. Они опасны тем, что способны накапливаться в живых организмах, включаясь в метаболический цикл, образуя токсические соединения переходя из одной биологической цепи в другую, не подвергаясь биологическому разложению [1,2].

В настоящее время актуальным является изучение наиболее опасных для организма элементов, таких как кадмий и свинец, уступающих по токсичности лишь пестицидам и хлорорганическим соединениям. Тяжелые металлы мигрируют по пищевым цепям «почва-растение-животное». Но, к сожалению, тяжелые металлы недостаточно изучены в очень важном звене пищевой цепи - это в органах и тканях сельскохозяйственных животных, выращенных в Брянской области, в регионе с развитым животноводством и экологической напряженностью [3,4,5,6,7].

Повышенная концентрация в окружающей среде свинца и кадмия способны нанести вред здоровью, распределяясь и накапливаясь в органах и тканях. Поэтому нужно иметь представление об аккумулярующих свойствах в некоторых органах и об их предельно допустимых концентрациях, как продуктах питания. Учеными накоплен значительный материал о влиянии тяжелых металлов на иммунную систему и общие физиологические процессы в организме животных. Действие веществ, приводящих к нарушению функций биологических систем, называется токсическим. В основе токсического действия лежит взаимодействие веществ с биологическими объектами на молекулярном, клеточном, органном и системном уровнях. Токсическое влияние на организм животных токсическими веществами влечет за собой ухудшение общего состояния животных и снижение качества продукции [8].

Морфология систем органов, в том числе мочевыделительной описана многими отечественными авторами, однако большинство литературных источников не указывают на породные особенности тех или иных систем организма, что необходимо учитывать как при диагностике, так и лечении. Безусловно, эффективное лечение и профилактика невозможны без знания породных особенностей морфологии и гистологии. Результаты многочисленных исследований отечественных и зарубежных ученых о влиянии экзогенных и эндогенных факторов на состояние организма животных, в том числе и тяжелых металлов, которые свидетельствует о том, что содержание различных элементов в органах и тканях являются аккумулярующим показателем и определяется как генетическими особенностями организма, так и воздействием различных факторов окружающей среды [9,10]. Учеными накоплен значительный материал по содержанию тяжелых металлов в органах и тканях, таких как мышцы, почки, кровь, легкие, так же установлено достоверно, что в условиях урбанизации токсических элементов гораздо выше [11,12].

Кадмий - это токсичный элемент, повышенная концентрация по данным некоторых авторов наблюдается в почках животных до 1,0 мг/кг. В организм животных по пищевым цепям поступает 80% кадмия и 20% из атмосферы. Кадмия является высокотоксичным металлом, обладающим гонадотропным, мутагенным, канцерогенным свойством и развивает почечную дисфункцию. Кадмия влияет на процессы фосфорилирования, а так же связан с фосфолипидами и нуклеиновыми кислотами. Попадая в организм животных, в органы и ткани он находится в ионной форме или в комплексе с белком. Свинец замещает кальций в кристаллах гидроксиапатита и распределяется в организме животных по скелетному типу. Попадая через дыхательные пути, он быстро попадает в кровоток, а из крови экскретируется почками, а часть оседает в костях. Свинец - яд, который накапливается в костях, почках, печени животного, угнетая их иммунную систему. Кадмий и свинец схожи по механизму внедрения в организм животного, он вытесняет кальций и замещает цинк в составе биомолекул. Выведение из организма тяжелых металлов - обязательное условие жизнедеятельности организма, в противном случае наступает гибель животного. Основные выделительные органы млекопитающего - почки, представляющие собой парный орган, основной функцией которых поддержание гомеостаза крови и выведение продуктов обмена веществ, этот орган специально приспособлен для выведения конечных продуктов из организма, а тяжелые металлы имеют свойство там накапливаться и оседать, следовательно, такие вещества как тяжелые металлы, стойко удерживаются в определенных концентрациях и выделяются из организма очень медленно [13].

Выведение из организма тяжелых металлов - обязательное условие жизнедеятельности организма, в противном случае наступает гибель животного.

Цель исследования – изучение остаточного уровня кадмия и свинца в образцах почек пород свиней крупная белая, ландрас, венгерская мангалица, вьетнамская, выращенных в условиях Брянской области. Исследования направлены на сравнительную оценку остаточного уровня тяжелых металлов в почках свиней разных пород, разводимых в условиях Брянской области.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились в Брянской области на животных одного возраста в период откорма. После убоя извлекали органы из кадаверного материала свиней пород: крупная белая, ландрас, венгерская мангалица, вьетнамская, разводимых в условно благополучной зоне Брянской области имеющая аэротехногенное загрязнение тяжелыми металлами.

Так же учитывали исходные уровни в кормах данных элементов, которые получали свиньи, они соответствовали нормам. Дополнительно в рацион вводили зеленые и минеральные корма, уровень микроэлементов которых изучен учеными Брянского ГАУ в данном регионе [14,15]. Использовали по три образца от каждой породы. Исследования остаточного уровня тяжелых металлов в почках свиней различных пород проводились в испытательной лаборатории ФГБОУ ВО Брянский ГАУ на атомно-адсорбционном спектрометре АА-700, с ПО «Прогресс 2000».

Результаты эксперимента статистически обработаны и сведены таблицу 1.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показывают соответствие этих образцов с требованиями нормативной документации допустимых норм [16].

Таблица 1 - Показатели свинца и кадмия в почках свиней различных пород

Показатели \ Порода	Крупная белая	Ландрас	Венгерская мангалица	Вьетнамская	Допустимый уровень
Кадмий, мг/кг	1,39±0,002	0,408±0,01	1,080±0,01	1,08±0,002	1,0
Свинец, мг/кг	0,560±0,05	0,441±0,012	0,494±0,009	0,494±0,013	1,0

Анализируя показатели данной таблицы следует отметить, что содержание кадмия в почках свиней крупной белой породы наиболее увеличен относительно других пород незначительно превышен допустимый уровень и составляет 1,39±0,002 мг/кг, что на 0,982 мг/кг больше чем в почках породы ландрас, на 0,31 мг/кг чем в почках венгерская мангалица. Наименьшее содержание кадмия было отмечено в почках свиней вьетнамской породы и составил - 0,204 мг/кг.

Результаты исследований по содержанию свинца в почках свиней различных пород показали, что наибольшее накопление этого элемента наблюдалось в почках свиней крупной белой породы и составляет 0,560±0,05 мг/кг. Содержание свинца в почках всех представленных пород незначительно варьирует и составляет у породы ландрас - 0,441±0,0120 мг/кг, венгерская мангалица - 0,494±0,009/кг, вьетнамская - 0,494±0,013 мг/кг.

Результаты исследования почек на содержание тяжелых металлов показали незначительное превышение кадмия в пробах пород крупная белая, вьетнамская и венгерская мангалица, это может быть связано с особенностью сезонного кормления, так как в этот период использовали растительные корма, загрязнение которых вероятно в процессе выращивания.

Нами установлено, что содержание свинца в анализируемых образцах меньше установленных норм предельно допустимой концентрации.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшим элиминирующим свойством по накоплению кадмия обладают почки свиней крупной белой породы и породы ландрас.
2. Содержание токсичных элементов, в частности тяжелых металлов в анализируемом материале почек свиней не превышает установленных норм, что позволяет получать экологически чистую продукцию [16]

Список источников

1. Менякина А.Г., Гамко Л.Н. Использование в рационах поросят-отъемышей минеральных подкормок на фоне повышенного содержания радиоцезия в почвах // Зоотехния. 2017. № 4. С. 20-24.
2. Мочалов А.В. Влияние тяжелых металлов на физиологические процессы // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-2. С. 333.
3. Калита Т.Г., Минченко В.Н. Морфология селезёнки и скорость выведения радиоактивного цезия из организма телят при скармливании кормовых добавок // Иппология и ветеринария. 2020. № 1 (35). С. 48-49.
4. Менякина А.Г. Повышение репродуктивности свиноматок, мясной продуктивности свиней и безопасности их продукции в зонах с различной экологической напряженностью при использовании природных сорбентов: дис. ... д-ра с.-х. наук. Ульяновск: Изд-во Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2019.
5. Пробиотические добавки в составе кормосмеси: влияние на продуктивность откормочного молодняка / Гамко Л.Н. [и др.] // Свиноводство. 2020. № 6. С. 29 - 31.
6. Клиноптилолит в кормлении свиней / А. Зеленченкова и др. // Комбикорма. 2021. № 9. С. 88-90.
7. Влияние алиментарных факторов на обмен веществ растущих откармливаемых свиней в условиях технологических стрессов / Р.В. Некрасов и др. // Аграрная наука. 2019. № 10. С. 49-55.
8. Зеленченкова А., Некрасов Р., Чабаяев М. Эффективность применения клиноптилолита при откорме свиней // Комбикорма. 2022. № 1. С. 60-61.
9. Баимова С.Р., Редькина Н.Н., Лыкасова И.А. Содержание тяжелых металлов в органах и тканях животных в Башкирском Зауралье // Вестник Башкирского университета. 2007. Т. 12, № 2. С. 27.
10. Сульдина Т.И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2016. № 1. С. 136.
11. Производство свинины в зонах с различной экологической напряженностью в Брянской области / С.И. Башина, Е.В. Горшкова, Е.Е. Адельгейм, Л.В. Ткачева // Зоотехния. № 4. 2021. С. 34.

12. Илларионова Е.А., Сыроватский И.П., Митина А.Э. Химико-токсикологический анализ тяжелых металлов: учеб. пособие // Иркутский государственный медицинский университет, кафедра фармацевтической и токсикологической химии. Иркутск: ИГМУ, 2022. С. 17.

13. Менякина А.Г., Гамко Л.Н. Миграция тяжелых металлов в органах и тканях откармливаемых свиней при включении в кормосмесь мергеля // Современные проблемы и научное обеспечение инновационного развития свиноводства: материалы XXIII междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2016. С. 195-199.

14. Вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания ¹³⁷Cs на территории юго-запада Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.М. Белоус и др. // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2019. Т. 28, № 3. С. 36-46.

15. Силаев А.Л., Чекин Г.В., Смольский Е.В. Распределение микроэлементов в почвах пойменного ландшафта р. Унеча // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 12.

16. Нормативы МДУ. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов.

References

1. Menyakina A.G., Gamko L.N. Ispol'zovanie v racionax porosyat-ot`emy`shej mineral'ny`kx podkormok na fone povu`shennogo soderzhaniya radioczeziya v pochvax // Zootekxniya. 2017. # 4. S. 20-24.

2. Mochalov A.V. Vliyanie tyazhely`kx metallov na fiziologicheskie processy` // Sovremennyy`e naukoem-kie tekhnologii. 2013. # 8-2. S. 333.

3. Kalita T.G., Minchenko V.N. Morfologiya selezyonki i skorost` vy`vedeniya radioaktivnogo czeziya iz organizma telyat pri skarmliivanii kormovy`kx dobavok // Ippologiya i veterinariya. 2020. # 1 (35). S. 48-49.

4. Menyakina A.G. Povu`shenie reproduktivnosti svinomatok, myasnoj produktivnosti svinej i bez-opasnosti ikx produkcii v zonax s razlichnoj e`kologicheskoy napryazhennost`yu pri ispol`zovanii prirodny`kx sorbentov: dis. ... d-ra s.-kx. nauk. Ul`yanovsk: Izd-vo Ul`yanovskij GAU im. P.A. Stoly`pina, 2019.

5. Probioticheskie dobavki v sostave kormosmesi: vliyanie na produktivnost` otkormochnogo mlad-nyaka / Gamko L.N. [i dr.] // Svinovodstvo. 2020. # 6. S. 29 - 31.

6. Klinoptilolit v kormlenii svinej / A. Zelenchenkova i dr. // Kombikorma. 2021. # 9. S. 88-90.

7. Vliyanie alimentarny`kx faktorov na obmen veshhestv rastushhikx otkarmlivaemy`kx svinej v usloviyax tekhnologicheskix stressov / R.V. Nekrasov i dr. // Agrarnaya nauka. 2019. # 10. S. 49-55.

8. Zelenchenkova A., Nekrasov R., CHabaev M. E`ffektivnost` primeneniya klinoptilolita pri otkorme svinej // Kombikorma. 2022. # 1. S. 60-61.

9. Baimova S.R., Red`kina N.N., Ly`kasova I.A. Soderzhanie tyazhely`kx metallov v organax i tkanyax zhi-votny`kx v Bashkirskom Zaural`e // Vestnik Bashkirskogo universiteta. 2007. T. 12, # 2. S. 27.

10. Sul`dina T.I. Soderzhanie tyazhely`kx metallov v produktax pitaniya i ikx vliyanie na organizm // Racional`noe pitanie, pishhevy`e dobavki i biostimulyatory`. 2016. # 1. S. 136.

11. Proizvodstvo svininy` v zonax s razlichnoj e`kologicheskoy napryazhennost`yu v Bryanskoj oblasti / S.I. Bashina, E.V. Gorshkova, E.E. Adel`gejm, L.V. Tkacheva // Zootekxniya. # 4. 2021. S. 34.

12. Illarionova E.A., Sy`rovatskij I.P., Mitina A.E`. KXimiko-toksikologicheskij analiz tyazhely`kx me-tallov: ucheb. posobie // Irkutskij gosudarstvenny`j medicinskij universitet, kafedra farmaceuticheskoy i toksikologicheskoy kximii. Irkutsk: IGMU, 2022. S. 17.

13. Menyakina A.G., Gamko L.N. Migracziya tyazhely`kx metallov v organax i tkanyax otkarmlivaemy`kx svinej pri vkluchenii v kormosmes` mergelya // Sovremennyy`e problemy` i nauchnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya svinovodstva: materialy` XXI`II` mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Bryansk, 2016. S. 195-199.

14. Veroyatnost` polucheniya moloka i kormov, ne sootvetstvuyushhikx dopustimym`m urovnym soderzhaniya ¹³⁷Cs na territorii yugo-zapada Bryanskoj oblasti v otdalyonny`j period posle avarii na CHernoby`l'skoj AE`S / N.M. Belous i dr. // Radiacziya i risk (Byulleten` NacZIONal`nogo radiacZIONno-e`pidemiologicheskogo registra). 2019. T. 28, # 3. S. 36-46.

15. Silaev A.L., CHekin G.V., Smol`skij E.V. Raspredelenie mikroelementov v pochvax pojmenno go land-shafta r. Unecha // Agroxximicheskij vestnik. 2021. # 5. S. 12.

16. Normativy` MDU. Gigenicheskie trebovaniya k kachestvu i bezopasnosti prodovol`stvennogo sy`r`ya i pishhevy`kx produktov.

Информация об авторах:

С.И. Башина – кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической морфологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Klueva111@mail.ru.

Information about the author:

S.I. Bashina - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Morphology, Bryansk State Agrarian University, Klueva111@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 29.09.2023; одобрена после рецензирования 06.10.2023, принята к публикации 11.10.2023.

The article was submitted 29.09.2023; approved after reviewing 06.10.2023; accepted for publication 11.10.2023.

© Башина С.И.

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

Научная статья
УДК 631.312

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-99-5-63-67

**ПРОЦЕСС ИЗНОСА ЛЕМЕХОВ КОМПАНИИ «ЛЕМКЕН», ВОССТАНОВЛЕННЫХ
ПРИВАРКОЙ ТЕРМОУПРОЧНЕННОЙ РЕЖУЩЕ – ЛЕЗВИЙНОЙ ОБЛАСТИ**

**Александр Михайлович Михальченков, Николай Александрович Бардадын,
Максим Олегович Лещев, Владимир Иванович Самусенко, Елена Михайловна Милютинина**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Обеспечение агротехнических сроков возделывания сельскохозяйственных культур во многом определяется техническим состоянием пахотных агрегатов и соответственно деталей их рабочих органов. В этом плане отдельную (особую) роль играют плужные лемеха. Широкое распространение плугов импортного производства остро поставило вопрос о восстановлении их подрезающих элементов. Во многом это обусловлено резким повышением рыночной цены данных деталей, а также дефицитностью в связи с введенными санкциями против Российской Федерации. Существующие технологии реставрации требуют их совершенствования. Для этого необходимо иметь информацию об износах восстановленных изделий. Поэтому, целью стало изучение процесса износа составных лемехов, восстановленных приваркой термоупрочненной режущей – лезвийной области. Работа выполнялась на примере составных лемехов компании «Лемкен». Испытывалось 18 опытных деталей в полевых условиях при вспашке супесчаных почв. Изучалась специфика износов по ширине деталей в трех сечениях, а также проводился анализ характера интенсивности изнашивания. В качестве ремонтной вставки использовались листы рессор, утратившие свои упругие свойства. Анализ полученных результатов выявил, что нарастание износов с увеличением наработки подчиняется прямолинейной зависимости и это подтверждает данные ранее проведенных исследований. Максимальное значение износов присуще области пятки в связи с её меньшей жёсткостью и наличием сравнительно высоких вибрационных нагрузок. Интенсивность изнашивания в процессе пахоты снижается, а затем стабилизируется из-за присутствия эффекта самоорганизации системы «рабочая поверхность – изнашивающаяся среда». Установлено, что наибольший износ имеет область пятки, наименьший – зона крепления долота. Показано, что износ и наработка связаны прямо пропорциональной зависимостью. Изменение интенсивности изнашивания обуславливается процессом самоорганизации. Повышение долговечности ножа лемеха может быть достигнуто проведением дополнительного упрочнения области пятки.

Ключевые слова: износ лемехов; интенсивность изнашивания; восстановление; компенсирующий элемент; термоупрочнение; ресурс.

Для цитирования: Михальченков А.М., Бардадын Н.А., Лещев М.О., Самусенко В.И., Милютинина Е.М. Процесс износа лемехов компании «Лемкен», восстановленных приваркой термоупрочненной режущей – лезвийной области // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 63-67. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-63-67>.

Original article

**PROCESS OF WEARING LEMKEN PLOUGHSHARES RESTORED
BY WELDING OF THERMO-HARDENED CUTTING - BLADE PART**

**Aleksand M. Mikhal'chenkov, Nikolai A. Bardadyn, Maksim O. Leshchyov,
Vladimir I. Samusenko, Elena M. Milyutina**
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The provision of agrotechnical terms of agricultural crops cultivation is largely determined by the technical condition of arable aggregates and, accordingly, the parts of their working bodies. In this regard, plowshares play a separate (special) role. The wide-spread use of imported plows has sharply raised the question of restoring their cutting elements. This is largely due to a sharp increase in the market price of these parts, as well as scarcity due to the sanctions imposed against the Russian Federation. Existing restoration technologies require their improvement. To do this, it is necessary to have information about the wear of the restored products. Therefore, the aim was to study the wear process of composite plowshares restored by welding a thermo-hardened cutting-blade part. The work was carried out using the example of “Lemken” composite plowshares. 18 experimental parts were tested in the field when plowing sandy loam soils. The specifics of wear along the width of the parts in three sections were studied, and the nature of the wear intensity was analyzed. Spring sheets that had lost their elastic properties were used as a repair insert. The analysis of the results revealed that the growing of wear with an increase in operating time is subject to a linear relationship and this confirms the data of previous studies. The maximum value of wear is inherent in the heel area due to its lower

rigidity and the presence of relatively high vibration loads. The intensity of wear during plowing decreases, and then stabilizes due to the presence of the effect of self-organization of the “working surface – wearing environment” system. It is established that the heel area has the greatest wear, the chisel attachment zone is the smallest. It is shown that wear and operating time are directly proportional to the dependence. Changes in the intensity of wear are caused by the process of self-organization. An increase in the durability of the ploughshare knife can be achieved by carrying out additional hardening of the heel area.

Keywords: wear of ploughshares; wear intensity; restoration; compensating element; thermal hardening; resource.

For citation: Mikhal'chenkov A.M., Bardadyn N.A., Leshchyov M.O., Samusenko V.I., Milyutina E.M. Process of wearing lemken ploughshares restored by welding of thermo-hardened cutting - blade part. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2023; (5): 63-67 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-63-67>.

Введение. Одним из методов повышения долговечности лемехов (подрезающих элементов) плугов импортного производства, является приваривание компенсирующего элемента, заменяющего предельно изношенную режущо-лезвийную область [1, 2]. Такой технологический подход использовался ранее на ремонтных предприятиях СССР для восстановления цельнометаллических лемехов [3]. Между тем, он не нашёл широкого распространения вследствие технологической сложности и невозможности обеспечения необходимого межремонтного ресурса. Это было связано с применением специального проката и необходимостью упрочнения лезвийной части наплавкой абразивостойкого слоя с тыльной стороны.

В последнее десятилетие метод был усовершенствован за счет приваривания термоупрочненных на всю глубину компенсирующих элементов [4]. Ими могут выступать листы рессор, исчерпавшие нормированную жесткость, но сохранившие твердость в пределах HRC45-48 с размерами, соответствующими ширине режущей части лемеха (или близкие к ней) [5]. При этом значительно упрощается технологический процесс восстановления и его реализация, что дает возможность использования указанного способа не только на специализированных предприятиях, но и в условиях мастерских фермерских хозяйств с минимальным набором оборудования, инструментов и приспособлений. Еще одним положительным фактором является снижение затрат на восстановление, вследствие отсутствия операции термообработки и использовании вторичного сырья в виде выбракованных рессорных листов.

В свете санкционной политики, проводимой недружественными странами в отношении РФ использование способа приобретает характер необходимости из-за резкого роста цены и дефицитности оригинальных лемехов зарубежных производителей.

Среди поставщиков плугов и запасных частей для сельского хозяйства РФ в первых рядах находится компания «Лемкен». Лемеха, её производства отличаются сравнительно высоким ресурсом в силу конструктивных особенностей [6]. Однако ножи этих деталей при отсутствии тыльной упрочняющей наплавки имеют наработку на отказ не более 27 га при вспашке супесей. (Рассматриваемые подрезающие элементы, выпускаемые «Лемкен» относятся к группе составных лемехов, состоящих из ножа и долота). Их восстановление методом приваривания вставок с твердостью 45 – 48HRC позволило обеспечить ресурс, примерно, одинаковый с ресурсом ножа в состоянии поставки т.к. его твердость также находится в рамках 45 – 48HRC. Однако необходимость в дальнейшем развитии метода требует знаний динамики и геометрии износа, данного конструктивного элемента после восстановления.

Цель исследования. Изучение процесса износа составных лемехов компании «Лемкен», восстановленных приваркой термоупрочненной режущо – лезвийной области.

Материалы и методы исследования. Исследование восстановленных изделий производилось непосредственно в полевых условиях при пахоте супесчаных почв. Ножи компании «Лемкен» реставрировались путем приваривания пластины (вставки), изготовленной из листа рессоры, утратившей упругие свойства, но имеющей твердость около 47 HRC. Материал вставки – сталь 65Г.

Подробное описание способа изложено в [7].

Остаточные размеры (L_{ki}) периодически контролировались в трех сечениях (рисунок 1). Интервал измерений составлял примерно 4-6 га. Износы (ΔL_i) оценивались как разность между начальным размером лемеха L_H по ширине и его текущим размером L_{ki} ($\Delta L_i = L_H - L_{ki}$). Измерения продолжались до полного истирания приваренного компенсирующего элемента на локальном участке.

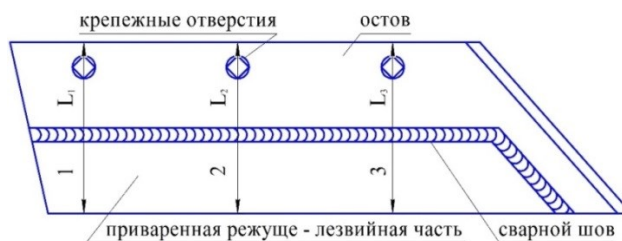


Рисунок 1 – Схема измерений восстановленного лемеха (цифрами показаны контролируемые сечения)

Приводимые ниже данные получены как средние из 18 измерений, т.е. в проведении экспериментов использовалось восемнадцать восстановленных лемехов. Все опытные детали устанавливались на один плуг, т.е. соблюдалось условие идентичности испытаний.

Результаты и их обсуждение. Нарастание износов с увеличением наработки (T) происходит в соответствии с прямолинейной функцией для всех контролируемых сечений (рисунок 2 а, б, в), подтверждая, полученные ранее рядом исследователей зависимости [8, 9]. Максимальные износы характерны для области пятки, минимальные – зоне, расположенной в непосредственной близости к крепежной части, ΔL_1 и ΔL_3 соответственно (рис. 2, 3).

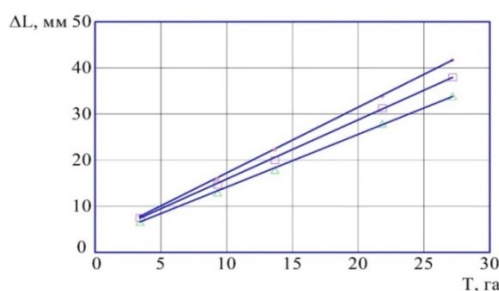


Рисунок 2 – Зависимость износов (ΔL) от наработки на один лемех (T) (Δ – сечение 1; \square – сечение 2; \diamond – сечение 3)

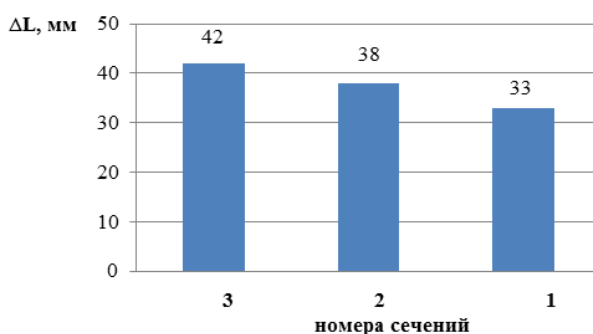


Рисунок 3 – Износы после снятия лемехов с эксплуатации при наработке 27 га: – ΔL_1 ; – ΔL_2 ; – ΔL_3

Аналогичным образом происходит изнашивание и отечественных цельнометаллических лемехов [10, 11].

Причинами такого распределения износов режущей - лезвийной области является следующее. Первое – снижение жесткости пятки лемеха, создающее условия для большего влияния вибрации на рост интенсивности изнашивания. Второе – увеличение плотности бороздного среза почвы, приводящее к росту коэффициента трения. Третье – наличие в конструкции долота как отдельного элемента, обеспечивающего образование «мертвой зоны» в области крепления, увеличивая тем самым сопротивляемость абразивному изнашиванию данного участка.

Определенный интерес представляет рассмотрение поведения интенсивности изнашивания (i) по мере увеличения наработки. Из рисунка 4 следует, что характер изменения i одинаков для всех контролируемых сечений. По мере роста T происходит стабилизация и уменьшение интенсивности изнашивания. Это обусловлено процессами самоорганизации системы «рабочая поверхность лемеха – изнашивающаяся среда». При этом максимальное значение i присуще начальному периоду вспашки, что связано с повышенным истиранием контактирующей поверхности вследствие её сравнительно низкого качества (наличие заводских дефектов, сравнительно высокая шероховатость). В результате испытаний установлен тот факт, что величина наработки до установившегося процесса изнашивания для разных сечений не одинакова (рис. 4). Так, стабилизация изнашивания в первом сечении наступает при меньшей T . Это объясняется наличием большего давления почвы в данном сечении по сравнению с другими.

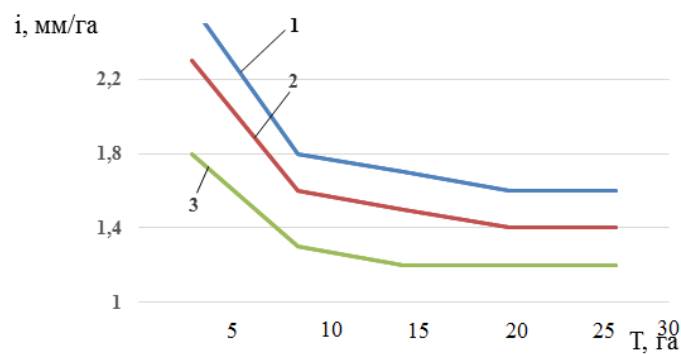


Рисунок 4 – Характер изменения интенсивности изнашивания в процессе вспашки

Практический опыт показал, что лемеха при отсутствии заточки имеют минимальные значения износов. По мнению авторов, это объясняется отсутствием существенных препятствий для самоорганизации процесса износа применительно к условиям вспашки.

Исходя из вышеизложенного увеличение межремонтного ресурса составного лемеха компании «Лемкен» требует дополнительного упрочнения области пятки, т.к. интенсивность её изнашивания значительно превышает аналогичный показатель на других участках детали.

Заключение. 1. Наибольшему износу подвержена область пятки, наименьшему – зона крепления долота.

2. Износ и наработка находятся в прямопропорциональной зависимости.

3. Характер изменения интенсивности изнашивания одинаков для всех контролируемых сечений и связан с процессом самоорганизации.

4. Увеличение межремонтного ресурса лемеха требует дополнительного упрочнения области пятки.

Список источников

1. Казанцев С.П., Михальченкова М.А., Поджарая К.С. Упрочняющие технологии восстановления и изготовления деталей почвообрабатывающих машин применением компенсирующих элементов и их преимущества // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 116. С. 102-107.
2. Козарез И.В., Новиков А.А., Михальченкова М.А. Повышение твердости компенсирующих элементов при восстановлении деталей // Сельский механизатор. 2017. № 3. С. 34-35.
3. Феськов С.А., Орехова Г.В., Дьяченко А.В. Износы стрелчатых лап и возможности использования компенсирующих элементов при их восстановлении // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. Брянск, 2016. С. 159-165.
4. Исследование микротвердости и микроструктуры компенсирующих элементов и импортных культиваторных лап при их упрочняющем восстановлении / А.М. Михальченков, С.А. Феськов, И.В. Козарез, А.А. Локтев // Упрочняющие технологии и покрытия. 2019. Т. 15, № 11 (179). С. 489-492.
5. Козарез И.В., Новиков А.А., Михальченкова М.А. Термообработка выбракованных листов рессор для компенсирующих элементов при реставрации деталей почвообрабатывающих орудий // Труды инженерно-технологического факультета Брянского ГАУ. Брянск, 2017. С. 71-83.
6. Козарез И.В., Гуцан А.А., Киселева Л.С. Приобретенные дефекты составных импортных лемехов // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 3 (79). С. 66-70.
7. Технология восстановления ножей составных лемехов импортного производства (на примере компании «Лемкен») / А.М. Михальченков, А.Ф. Шустов, Н.В. Синяя, М.О. Лещев // Технический сервис машин. 2023. № 2 (151). С. 95-102.
8. Кожухова Н.Ю., Синяя Н.В. Влияние армирования поверхности лемехов на их изнашивание по толщине // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 9. С. 31-34.
9. Дьяченко А.В., Новиков А.А., Михальченкова М.А. Использование дефектных листов рессор при восстановлении плужных лемехов отечественного производства // Вестник Брянской ГСХА. 2014. № 1. С. 24-28.
10. Новиков А.А., Михальченкова М.А., Рыжик В.Н. Влияние наплавки заглубляющей части восстановленных лемехов на их работоспособность // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 189-192.
11. Новиков А.А. Штамповарной плужный лемех с увеличенными равнопрочностью и ремонтпригодностью // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 207-212.

References

1. Kazanczev S.P., Mikhal'chenkova M.A., Podzharaya K.S. Uprochnyayushhie tekhnologii vosstanovleniya i izgotovleniya detalej pochvoobrabatyvayushhix mashin primeneniem kompensiruyushhix e'lementov i ikh preimushhestva // Trudy GOSNITI. 2014. T. 116. S. 102-107.
2. Kozarez I.V., Novikov A.A., Mikhal'chenkova M.A. Povy'shenie tverdosti kompensiruyushhix e'lemen-tov pri vosstanovlenii detalej // Sel'skij mekhanizator. 2017. # 3. S. 34-35.
3. Fes'kov S.A., Orekhova G.V., D'yachenko A.V. Iznosy strel'chaty'kh lap i vozmozhnosti ispol'zovaniya kompensiruyushhix e'lementov pri ikh vosstanovlenii // Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skokhozyajstvennogo naznacheniya: sb. nauch. tr. Bryansk, 2016. S. 159-165.
4. Issledovanie mikrotverdosti i mikrostruktury kompensiruyushhix e'lementov i importny'kh kul'

- tivorny`kx lap pri ikh uprochnyayushhem vosstanovlenii / A.M. Mikhal`chenkov, S.A. Fes`kov, I.V. Kozarez, A.A. Loktev // Uprochnyayushhie tekhnologii i pokry`tiya. 2019. T. 15, # 11 (179). S. 489-492.
5. Kozarez I.V., Novikov A.A., Mikhal`chenkova M.A. Termoobrabotka vy`brakovanny`kx listov ressor dlya kompensiruyushhix e`lementov pri restavracii detalej pochvoobrabaty`vayushhix orudij // Trudy` inzhenerno-tekhnologicheskogo fakul`teta Bryanskogo GAU. Bryansk, 2017. S. 71-83.
6. Kozarez I.V., Guczan A.A., Kiseleva L.S. Priobretenny`e defekty` sostavny`kx importny`kx lemexov // Vestnik Bryanskoj GSKXA. 2020. # 3 (79). S. 66-70.
7. Tekhnologiya vosstanovleniya nozhej sostavny`kx lemexov importnogo proizvodstva (na primere kompanii «Lemken») / A.M. Mikhal`chenkov, A.F. SHustov, N.V. Sinyaya, M.O. Leshhev // Tekhnicheskij servis mashin. 2023. # 2 (151). S. 95-102.
8. Kozhukxova N.YU., Sinyaya N.V. Vliyanie armirovaniya poverkxnosti lemexov na ikh iznashivanie po tolshhine // Traktory` i sel`khoz mashiny`. 2016. # 9. S. 31-34.
9. D`yachenko A.V., Novikov A.A., Mikhal`chenkova M.A. Ispol`zovanie defektny`kx listov ressor pri vosstanovlenii pluzhny`kx lemexov otechestvennogo proizvodstva // Vestnik Bryanskoj GSKXA. 2014. # 1. S. 24-28.
10. Novikov A.A., Mikhal`chenkova M.A., Ry`zhik V.N. Vliyanie naplavki zaglublyayushhej chasti vosstanovlenny`kx lemexov na ikh rabotosposobnost` // Trudy` GOSNITI. 2017. T. 126. S. 189-192.
11. Novikov A.A. SHtamposvarnoj pluzhny`j lemex s uvelichenny`mi ravnoprochnost`yu i remontopri-godnost`yu // Trudy` GOSNITI. 2016. T. 122. S. 207-212.

Информация об авторах:

А.М. Михальченко – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

Н.А. Бардадын – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

М.О. Лещев – магистрант кафедры технического сервиса, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

В.И. Самусенко – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Е.М. Милютин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры информатики, информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Information about the authors:

A.M. Mikhal`chenkov - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

N.A. Bardadyn - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University.

M.O. Leshchyov - Magistrate of the Department of Technical Service, Bryansk State Agrarian University.

V.I. Samusenko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University.

E.M. Milyutina - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, Information Systems and 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 31.07.2023; одобрена после рецензирования 06.10.2023, принята к публикации 11.10.2023.

The article was submitted 31.07.2023; approved after reviewing 06.10.2023; accepted for publication 11.10.2023.

© Михальченко А.М., Бардадын Н.А., Лещев М.О., Самусенко В.И., Милютин Е.М.

Научная статья

УДК 581.5: 582.98

DOI: 10.52691/2500-2651-2023-98-4-67-74

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОЙ СРЕДЫ ОТ СВЕТОДИОДНОГО ФИТООБЛУЧАТЕЛЯ

¹Александр Николаевич Васькин, ²Сергей Анатолиевич Ракутько

¹ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

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

Аннотация. В данном исследовании разработана методика расчета параметров радиационной среды, формируемой фитооблучателем на основе узкоспектральных светодиодов (СД). Для достижения необходимого эффекта требуется аккуратно подбирать узкоспектральные СД, используемые в установке для облучения. Поэтому целью данных исследований стала разработка эффективной методики расчета представленных параметров радиационной среды от фитооблучателя на основе узкоспектральных светодиодов (СД), а также предложение рекомендаций по подбору оптимальных характеристик светодиодов. В работе предлагается инновационный подход к расчету, путем применения то-

чечного метода с учетом отраженных потоков излучения от поверхностей камеры для создания оптимальных условий для выращивания растений. Такой подход позволяет более точно оценить параметры радиационной среды и определить оптимальные условия для выращивания растений. В дальнейшем планируется исследовать и доработать данный подход с целью повышения его эффективности и широкого применения. Полученные результаты позволили установить, что предложенная методика может быть использована для расчета параметров радиационной среды, создаваемой разноматричными источниками излучения. Сравнение теоретически рассчитанных и реальных параметров показало, что различия составляют лишь незначительную долю процента. Таким образом, эффективность применяемых измерительных приборов оказалась выше, чем требуемая точность расчетов.

Ключевые слова: облученность, светокультура, фитооблучатель, спектральный состав, математическая модель.

Для цитирования: Васькин А.Н., Ракутько С.А. Расчет параметров радиационной среды от светодиодного фитооблучателя // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 5 (99). С. 67-74. <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-67-74>.

Original article

CALCULATION OF RADIATION ENVIRONMENT PARAMETERS FROM LIGHT-EMITTING DIODE PHYTOIRRADIATOR

¹Alexander N. Vas'kin, ²Sergey A. Rakut'ko

FSBEI HE ¹Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

²Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM, Saint-Petersburg, Russia

Abstract In this research, a method has been developed for calculating the parameters of the radiation environment formed by a phytoirradiator based on narrow-spectrum light-emitting diodes (LEDs). To achieve the desired effect, it is necessary to carefully select the narrow-spectrum LEDs used in the irradiation installation. Therefore, the purpose of these researches was to develop an effective method for calculating the presented parameters of the radiation environment from a phytoirradiator based on narrow-spectrum light-emitting diodes (SD), as well as to offer recommendations for the selection of optimal characteristics of LEDs. The paper proposes an innovative approach to calculation by applying a point method taking into account the reflected radiation fluxes from the camera surfaces to create optimal conditions for growing plants. This approach makes it possible to more accurately assess the parameters of the radiation environment and determine optimal conditions for growing plants. In the future, it is planned to study and refine this approach in order to increase its effectiveness and widespread use. The results obtained made it possible to establish that the proposed methodology can be used to calculate the parameters of the radiation environment created by multispectral radiation sources. A comparison of theoretically calculated and real parameters showed that the differences are only a small fraction of a percent. Thus, the efficiency of the measuring instruments used turned out to be higher than the required accuracy of calculations.

Keywords: irradiance, light culture, phytoirradiator, spectral composition, mathematical model.

For citation: Alexander N. Vas'kin A.N., Rakut'ko S.A. Calculation of radiation environment parameters from light-emitting diode phytoirradiator. *Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2023; (5): 67-74 (In Russ.). <http://doi.org/10.52691/2500-2651-2023-99-5-67-74>.

Введение. В экологии растений особую роль играет воздействие света, которое является неотъемлемым фактором. Возникновение фотобиологических процессов на растительном листе связано с поглощением энергии, передающейся от источника к приемнику [1]. Таким образом, возможность контролировать параметры радиационной среды позволяет осуществлять целенаправленное управление ростом, развитием и пищевой ценностью растений [2].

Общепринятой является характеристика спектра по соотношению энергии в синем k_B (400-500 нм), зеленом k_G (500-600 нм), красном k_R (600-700 нм) диапазонах, которые влияют на рост и развитие растений [3]. Дополнительно указывают соотношение энергии k_{RFR} в красном и дальнекрасном (700-800 нм) диапазонах, от которого зависит удлинение стебля [4].

Исследования, посвященные применению светодиодов (СД) в сфере светокультуры, проводятся уже более двух десятилетий. Этот вид технологии имеет большой потенциал в тепличном производстве. Для достижения этих целей необходимо продолжать исследования в данной области. Дальнейшие исследования помогут разработать более эффективные и устойчивые подходы к применению светодиодов в светокультуре, а также оптимизировать процессы производства и улучшить качество продукции [5].

В лаборатории энергоэкологии светокультуры ИАЭП проведены исследования, которые имели целью изучить основные принципы использования светодиодных источников освещения (СД) для выращивания различных видов растений, включая томаты, огурцы, петрушку и салат. В результате

этих исследований было выявлено положительные физиологические и морфологические эффекты, которые непосредственно зависят от спектра излучения. Экспериментом было доказано, что качество радиационной среды оказывает значительное влияние на способность растений следовать определенной программе развития и формирования оптимального фенотипа, несмотря на внешние воздействия окружающей среды [6].

Ограничения точности задания спектральных параметров и интенсивности облучения, рассмотренные некоторыми исследователями, важно учитывать, так как они могут влиять на сравнимость полученных результатов. Вариации параметров могут привести к невозможности сравнения полученных данных. Для повышения достоверности и надежности результатов следует уделить особое внимание установке и подготовке облучаемых образцов, а также определению параметров облучения. Это позволит снизить влияние дополнительных факторов на получаемые результаты и обеспечить более надежные сравнения различных экспериментов [7].

В настоящее время имеются разработанные аппарат и методики для расчета параметров облучения как на теоретическом уровне [8], так и в контексте применения к осветительным системам и облучательным установкам, используемым в сельском хозяйстве [9].

Материалы и методы исследования. В нашем исследовании были проведены натурные измерения на специальной модели фитооблучателя с применением светодиодов разнообразной мощности и спектра излучения. Для этого облучатель разместили в специальной камере, которая была предназначена для выращивания растений. Для предотвращения попадания внешнего влияния света, стенки камеры покрыли матовой белой пленкой, обеспечивающей его диффузное распространение. Для измерения параметров радиационной среды был использован спектрофотометр ТКА-ПКМ, который разместили в некоторых контрольных точках.

Количество применяемых светодиодов составляло: 45 штук синих светодиодов с максимальным излучением на длине волны 440 нм, 25 зеленых светодиодов с максимальным излучением на 520 нм, 45 красных светодиодов с максимальным излучением на 660 нм и 25 дальнекрасных светодиодов с максимальным излучением на 740 нм. Они все были равномерно распределены по панелям облучателя, обеспечивая наиболее равномерный спектр излучения на облучаемой поверхности.

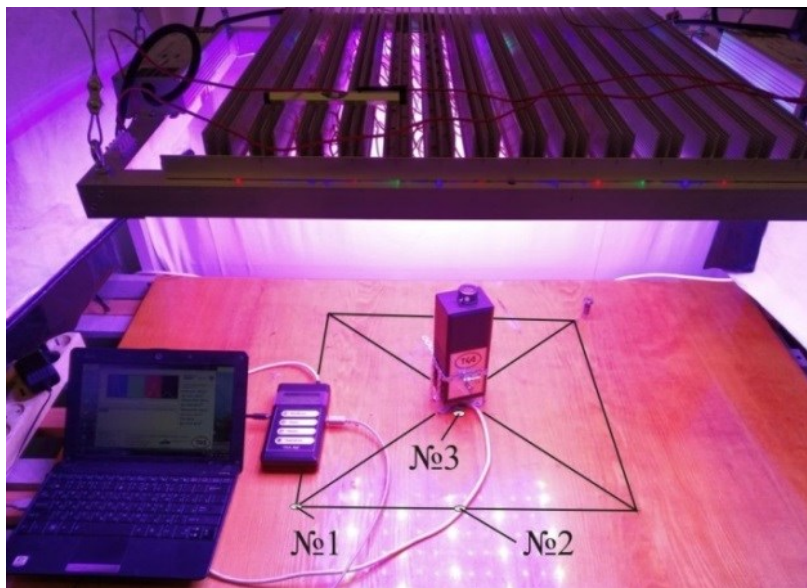


Рисунок 1 - Внешний вид модели фитооблучателя

Анализ рисунка 2, который демонстрирует качественный облик спектра излучения, полученного от фитооблучателя, показывает, что все факторы являются существенными при анализе спектра излучения и могут значительно влиять на его вид. Определение и изучение этих дефектов имеет большое значение для понимания природы и свойств материала. При выполнении исследований в данной области необходимо учитывать указанные различия и проводить соответствующие аналитические расчеты. Анализ спектра излучения является важной составляющей широкого круга научно-технических задач, таких как оптимизация процессов и контроль качества материалов. Понимание причин и механизмов формирования спектра позволяет разрабатывать эффективные стратегии для достижения желаемых результатов.

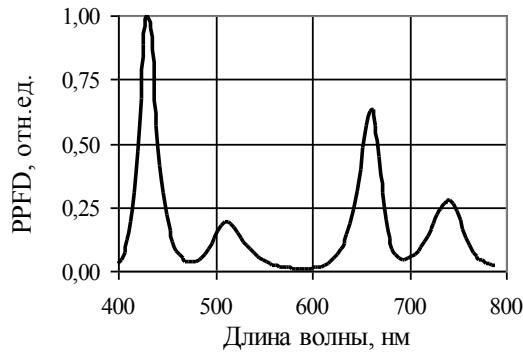


Рисунок 2 - Спектральный состав излучения СД

Высоту подвеса источников света необходимо учитывать при расчете облученности в конкретной точке (x, y) согласно основному закону светотехники. Для математического сведения расчета комбинированного облучения от разноспектральных источников света необходимо использовать конструктивные данные фитооблучателя. В данном случае фитооблучатель представляет собой систему из 14 панелей, каждая из которых содержит 10 светодиодов. Рабочая часть фитооблучателя имеет ширину 47,5 см и глубину 42 см. Интервалы между светодиодами на соседних панелях по координате и вдоль панели составляют 3,7 см и 4,7 см соответственно. Данные параметры необходимы для подробного расчета комбинированного облучения. Визуализация высоты подвеса представлена на рисунке 3.

В соответствии с основным законом светотехники:

$$e_M = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{H^2} \tag{1}$$

В данном исследовании предлагается использовать модель Косинусно-Сходственного Сравнения (КСС) для улучшения точности измерений. Основным преимуществом данной модели является учет отклонений от идеального косинусного распределения, что позволяет получить более точные и надежные оценки. В данной работе предлагается новое расширение методики, которое позволяет применять модель КСС не только для измерения косинусного распределения, но и для анализа других типов отклонений. Этот подход был успешно применен в различных приложениях и показал эффективность и надежность модели КСС. Такой подход может быть использован в широком спектре областей исследований. Дальнейшее развитие этой методики и ее применение в практических задачах с высокой точностью представляют большой научный и практический интерес.

Для повышения точности использована модель КСС, учитывающая отклонения от идеального косинусного распределения:

$$I_\alpha = I_0 \cos n\alpha, \tag{2}$$

где I_0 - осевая сила излучения; n – коэффициент формы КСС.

Угол от излучателя в направлении расчетной точки:

$$\alpha = \arctg \frac{\sqrt{(X_i - X_M)^2 + (Y_i - Y_M)^2}}{H} \tag{3}$$

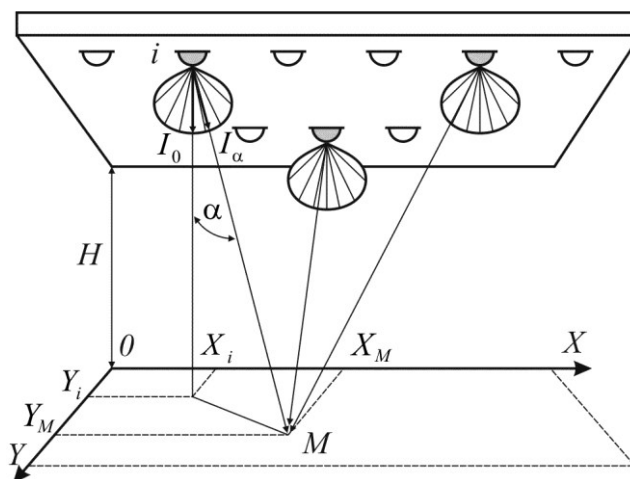


Рисунок 3 - Расчетная схема

Расчеты были выполнены в электронных таблицах Excel. В таблице на рис. 4 указаны координаты всех источников света разных цветов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Размещение СД															
2	x	0,0	3,7	7,3	11,0	14,6	18,3	21,9	25,6	29,2	32,9	36,5	40,2	43,8	47,5	
3	y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
4	0,0	1	2	1	3	4	1	3	2	1	3	4	1	3	2	1
5	4,7	2	4	3	1	2	3	1	4	3	1	2	3	1	4	3
6	9,3	3	2	1	3	4	1	3	2	1	3	4	1	3	2	1
7	14,0	4	4	3	1	2	3	1	4	3	1	2	3	1	4	3
8	18,7	5	2	1	3	4	1	3	2	1	3	4	1	3	2	1
9	23,3	6	4	3	1	2	3	1	4	3	1	2	3	1	4	3
10	28,0	7	2	1	3	4	1	3	2	1	3	4	1	3	2	1
11	32,7	8	4	3	1	2	3	1	4	3	1	2	3	1	4	3
12	37,3	9	2	1	3	4	1	3	2	1	3	4	1	3	2	1
13	42,0	10	4	3	1	2	3	1	4	3	1	2	3	1	4	3
14	Условные обозначения: 1 - синий; 2 - зеленый; 3 - красный; 4 - дальнекрасный															

Рисунок 4 - Информация о компоновке СД различного спектра на панели облучателя

Основным принципом данного исследования является равномерное и регулярное размещение светоизлучающих диодов разных цветов. Для достижения этой цели был применен подход, основанный на последовательном размещении СД на панелях. Размещение синих СД, обозначенных цифрой 1, осуществлялось через одну панель, сдвигаясь на третью панель. Зеленые СД, обозначенные цифрой 2, размещались через одну панель с пропуском двух панелей и сдвигом. Аналогичный подход с зеркальным паттерном использовался для размещения красных СД (цифра 3) и дальнекрасных (цифра 4). Благодаря данной методике, удалось достичь оптимальной равномерности распределения цветовых СД на панелях.

На рисунке 5 представлены результаты расчета на примере таблицы для синего семантического дифференциала (СД). Из графика видно, что значения элементов таблицы отличаются от нуля в ячейках, которые соответствуют точкам, где расположены СД.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
16	Облученность от каждого СД1 в расчетной точке															
17	x	0,0	3,7	7,3	11,0	14,6	18,3	21,9	25,6	29,2	32,9	36,5	40,2	43,8	47,5	
18	y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
19	0,0	1	0,00	0,33	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,66
20	4,7	2	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00
21	9,3	3	0,00	0,42	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,72	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,89
22	14,0	4	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,69	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00
23	18,7	5	0,00	0,50	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00	1,08	0,00	0,00	1,14
24	23,3	6	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00
25	28,0	7	0,00	0,57	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	1,07	0,00	0,00	1,28	0,00	0,00	1,37
26	32,7	8	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	1,22	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00
27	37,3	9	0,00	0,61	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	1,17	0,00	0,00	1,41	0,00	0,00	1,51
28	42,0	10	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	1,27	0,00	0,00	1,48	0,00	0,00

Рисунок 5 - Расчет облученности от каждого СД

Для расчета суммарной облученности в определенной точке, был применен метод, основанный на суммировании значений из соответствующей таблицы. Конкретно, для расчета данной величины использовалась информация из ячейки С34 таблицы. Применение такого подхода имеет определенные преимущества и позволяет более точно учесть все факторы, влияющие на облученность в расчетной точке.

Суммарную облученность в расчетной точке находили как сумму всех значений в таблице (ячейка С34), т.е.:

$$E_M = \sum_{i=1}^n e_i . \tag{4}$$

Фактическую облученность отраженных от стенок нашей камеры потоков можно корректировать путем использования коэффициента изменения создаваемой облученности:

$$E_\phi = E_M \cdot K_\phi , \tag{5}$$

где E_M – суммарная облученность в расчетной точке; K_ϕ - коэффициент изменения создаваемой облученности.

В процессе работы было экспериментально найдено, что в рабочем диапазоне высот (при которых обеспечивается облученность 100-200 мкмоль с⁻¹·м⁻²) величина данного коэффициента может быть аппроксимирована линейной зависимостью от высоты:

$$K_{\phi} = aH + b, \quad (6)$$

где a , b - эмпирически определяемые коэффициенты.

Нами проведены расчеты для каждой точки поверхности с использованием матрицы размерностью 7×7 . Целью данных вычислений было построение картины распределения облученности на горизонтальной плоскости (рис. 6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
35									
36		X	0,0	7,9	15,8	23,8	31,7	39,6	47,5
37	Y		1	2	3	4	5	6	7
38		0,0	1	37,9	42,8	46,2	47,5	46,7	43,8
39		7,0	2	41,5	47,0	50,8	52,3	51,3	48,1
40		14,0	3	43,9	49,7	53,7	55,4	54,4	50,9
41		21,0	4	44,6	50,6	54,8	56,4	55,4	51,8
42		28,0	5	43,8	49,6	53,6	55,3	54,2	50,7
43		35,0	6	41,4	46,8	50,5	52,1	51,1	47,8
44		42,0	7	37,7	42,5	45,9	47,2	46,4	43,4

Рисунок 6 - Распределение облученности по плоскости

Равномерность распределения спектральной и интегральной облученности оценивали с помощью коэффициента

$$z = E_{max} / E_{cp} \quad (7)$$

где E_{max} и E_{cp} - соответственно максимальная и средняя облученность на поверхности, определяемые по таблице на рис. 6.

Также для каждой контрольной точки был определен спектральный состав облученности диапазонов ФАР путем нахождения доли данного спектрального диапазона в интегральной облученности. Кроме того, производилось определение соотношения энергии потоков в красном и дальнекрасном диапазонах.

В данном исследовании было проведено моделирование проекций облучателя для разных типов СД. Полученные данные позволяют лучше понять влияние каждого типа СД на интегральную облученность и соотношение энергии потоков в различных диапазонах. Результаты моделирования показывают значительное различие в интегральной облученности в разных контрольных точках.

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 представлены значения осевых сил излучения СД различных диапазонов, выраженные в $\text{мкмоль с}^{-1} \text{ рад}^{-1}$, а также коэффициенты формы КСС, выраженные в относительных единицах согласно формуле 2.

Также здесь представлены значения эмпирических коэффициентов, используемых для учета отраженных потоков согласно формуле 6, для каждого спектрального диапазона.

Таблица 1 - Значения осевых сил излучения СД и эмпирических коэффициентов

Диап. s	I_0^s	n^s	a^s	b^s	R^2
син.	0,91	0,91	57,1	4203,1	0,99
зел.	0,60	1,07	47,3	4928,3	0,99
кр.	1,10	0,62	62,6	2647,6	0,99
дк.	1,04	1,06	58,6	6706,6	0,98

Данные из таблиц 2 и 3 могут быть использованы для оценки отклонений между вычисленными и измеренными значениями параметров радиационного режима. Это сравнение позволяет нам установить процентное соотношение отклонений между этими значениями.

Таблица 2 - Результаты натуральных измерений

H, см	$E_{\phi}, \mu\text{м} \text{ с}^{-1} \text{ м}^{-2}$	Спектр излучения			
		$k_B, \%$	$k_G, \%$	$k_R, \%$	$k_{R:FR}, \text{отн.ед.}$
30	208,4	40,3	13,5	46,2	1,5
50	155,8	40,5	13,8	45,7	1,4
70	116,4	40,6	14,0	45,4	1,4

Также в работе было выявлено, что максимальная неравномерность как интегральной, так и спектральной облученности, оцениваемая по коэффициенту z , не превышает 30%.

Таблица 3 - Результаты моделирования

H, см	E_{Φ} , $\mu\text{m} \cdot \text{c}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	Спектр излучения			
		k_B , %	k_G , %	k_R , %	$k_{R,FR}$, отн.ед.
30	209,5	39,9	13,5	46,6	1,5
50	154,7	40,3	13,9	45,7	1,4
70	116,8	40,4	14,0	45,6	1,4

В испытательном центре ВНИСИ были выполнены измерения фотонной облученности источников с различным спектром при использовании спектральных приборов, которые широко применяются на практике. Было выявлено, что даже самые точные измерительные приборы могут иметь отклонение до 10%.

В связи с выращиванием растений при помощи светокультуры, вопрос обеспечения качества радиационной среды, включая интегральную облученность и спектральный состав излучения, становится особенно важным. Для достижения желаемых значений этих параметров можно использовать комбинацию светодиодов разных спектров с узкой полосой пропускания.

Заключение. В результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований была переосмыслена исходная концепция относительно различий между теоретически рассчитанными и фактическими значениями параметров радиационной среды. Установлено, что эти различия оказываются выше по сравнению с точностью измерительных спектральных приборов, которые применялись в исследованиях.

Однако при этом необходимо учитывать несколько ограничений. Прежде всего, необходимо использовать комбинацию спектров специальных светодиодных ламп (СД), которые фактически применяются в светокультуре. Кроме того, диапазон высот, на который распространяется исследование, должен быть ограничен значениями облученности, которая должна составлять не менее 200 микромолей в секунду на квадратный метр.

Также необходимо учесть, что для достоверности результатов следует использовать достаточно большое количество СД в каждом облучателе. При этом следует заметить, что мощность одной СД является незначительной. Этот факт был подтвержден экспериментально с помощью 140 штук СД мощностью 3 Вт, которые были расположены на высоте выше 0,3 метра от поверхности.

В данной работе представлена методика, основанная на точечном методе с учетом отраженных от поверхности камеры излучений, используемой для выращивания растений. Эта методика предназначена для расчета радиационной среды, создаваемой разноспектральными источниками излучения.

Список источников

1. Ракутько С.А. Повышение эффективности использования тепличных облучательных установок на основе аттестации газоразрядных ламп. СПб., 1992.
2. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н. Оценка энергоэффективности источников оптического излучения для растений с позиций прикладной теории энергосбережения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 359-366.
3. Энергоэкология светокультуры - новое междисциплинарное научное направление / С.А. Ракутько, А.Е. Маркова, А.П. Мишанов, Е.Н. Ракутько // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 90. С. 14-28.
4. Математическая модель динамики биометрических параметров рассады томата (*Solanum Lycopersicum L.*) при различном спектральном составе излучения / С.А. Ракутько, А.П. Мишанов, А.Е. Маркова, Е.Н. Ракутько // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 96. С. 39-51.
5. Irradiation level affects fluctuating asymmetry value of bilateral traits of cucumber in juvenile phase / S.A. Rakutko, E.N. Rakutko, A. Avotins, K. Berzina // Agronomy Research. 2018. Т. 16, № 3. С. 854-861.
6. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н. Рост и фотоморфогенез петрушки корневой (*Petroselinum Tuberosum*) под оптическим излучением различного спектрального состава // Известия СПбГАУ. 2015. № 38. С. 298-304.
7. Ракутько С.А., Ракутько Е.Н. Экспериментальная проверка закона взаимозаменяемости в светокультуре салата // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 1 (26). С. 22-27.
8. Ракутько Е.Н., Ракутько С.А., 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.
9. Обоснование параметров комбинированного фитооблучателя / С.А. Ракутько, А.П. Мишанов, Е.Н. Ракутько, А.Е. Маркова // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. № 92. С. 48-57.
10. Ракутько С.А., Мишанов А.П., Ракутько Е.Н. Методика расчета комбинированного светодиодного

облучателя для растений // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 95. С. 89-100.

References

1. Rakut'ko S.A. *Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya teplichnykh obluchatel'nykh ustanovok na os-nove attestatsii gazorazryadnykh lamp*. SPb., 1992.
2. Rakut'ko S.A., Rakut'ko Ye.N. *Otsenka energoeffektivnosti istochnikov opticheskogo izlucheniya dlya rasteniy s pozitsiy prikladnoy teorii energosberezheniya* // *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 39. S. 359-366.
3. *Energoekologiya svetokul'tury - novoye mezhdistsiplinarnoye nauchnoye napravleniye* / S.A. Rakut'ko, A.Ye. Markova, A.P. Mishanov, Ye.N. Rakut'ko // *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2016. № 90. S. 14-28.
4. *Matematicheskaya model' dinamiki biometricheskikh parametrov rassady tomata (Solanum Lycopersicum L.) pri razlichnom spektral'nom sostave izlucheniya* / S.A. Rakut'ko, A.P. Mishanov, A.Ye. Markova, Ye.N. Rakut'ko // *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2018. № 96. S. 39-51.
5. *Irradiation level affects fluctuating asymmetry value of bilateral traits of cucumber in juvenile phase* / S.A. Rakut'ko, E.N. Rakut'ko, A. Avotins, K. Berzina // *Agronomy Research*. 2018. T. 16, № 3. S. 854-861.
6. Rakut'ko S.A., Rakut'ko Ye.N. *Rost i fotomorfogenez petrushki kornevoy (Petroselinum Tuberosum) pod opticheskim izlucheniym razlichnogo spektral'nogo sostava* // *Izvestiya SPbGAU*. 2015. № 38. S. 298-304.
7. Rakut'ko S.A., Rakut'ko Ye.N. *Ekspierimental'naya proverka zakona vzaimozamestimosti v svetokul'ture salata* // *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2018. № 1 (26). S. 22-27.
8. Rakut'ko Ye.N., Rakut'ko S.A., Vas'kin A.N. *Otsenka stabil'nosti razvitiya rasteniy tomata (Solanum Lycopersicum L.) v svetokul'ture po fluktuiruyushchey asimmetrii bilateral'nykh priznakov lista* // *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2018. № 95. S. 100-112.
9. *Obosnovaniye parametrov kombinirovannogo fitoobluchatelya* / S.A. Rakut'ko, A.P. Mishanov, Ye.N. Rakut'ko, A.Ye. Markova // *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2017. № 92. S. 48-57.
10. Rakut'ko S.A., Mishanov A.P., Rakut'ko Ye.N. *Metodika rascheta kombinirovannogo svetodiodnogo obluchatelya dlya rasteniy* // *Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2018. № 95. S. 89-100.

Информация об авторах

А.Н. Васькин – старший преподаватель кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, vaskin32@mail.ru.

С.А. Ракутько – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения предприятий и электротехнологий, 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, FSBEI HE Bryansk State Agrarian University, vaskin32@mail.ru.

S.A. Rakut'ko - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy Supply of Enterprises and Electrical Technologies, 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 02.10.2023; одобрена после рецензирования 06.10.2023, принята к публикации 11.10.2023.

The article was submitted 02.10.2023; approved after reviewing 06.10.2023; accepted for publication 11.10.2023.

© Васькин А.Н., Ракутько С.А.

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 11, 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 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.