

ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта
2007 года

Выходит один раз
в два месяца

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

Научный журнал

Журнал включен в Российский
индекс научного цитирования
(РИНЦ).

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

Индекс журнала на сайте
«Объединенного каталога
«Пресса России»
www.pressa-rf.ru
33361.

Журнал «Вестник Брянской
ГСХА» входит в Перечень рецен-
зируемых научных изданий (по
состоянию на 22.05.2023), в кото-
рых должны быть опубликованы
основные научные результаты дис-
сертаций на соискание ученой сте-
пени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук, по
научным специальностям и соот-
ветствующим им отраслям науки:
4.1.1. Общее земледелие и растени-
еводство (сельскохозяйственные
науки),
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведе-
ние, защита и карантин растений
(сельскохозяйственные науки),
4.2.4. Частная зоотехния, кормле-
ние, технологии приготовления
кормов и производства продукции
животноводства (сельскохозяй-
ственные науки),
4.3.1. Технологии, машины и обо-
рудование для агропромышленного
комплекса (технические науки).

Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112)

№ 6 (112)
НОЯБРЬ-ДЕКАБРЬ 2025

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

- Эффективность средств химизации при возделывании картофеля в условиях радиоактив-
но загрязненных дерново-подзолистых песчаных почв 3
Белоус Н.М., Малавко Г.П., Чесалин С.Ф., Белоус И.Н., Смольский Е.В., Просянкин Е.В.
Влияние препарата «Альбит» на физиологические показатели и урожайность люпина
белого 10
Милехина Н.В., Дьяченко В.В.
Программирование урожайности - основа разработки интенсивной технологии возделы-
вания яровой тритикале 15
Шпилев Н.С., Ториков В.Е., Лебедько Л.В., Горбачев К.И.
К вопросам о влиянии физических факторов на продуктивность сельскохозяйственных
растений 21
Ториков В.Е., Погонишев В.А., Погонишева Д.А., Ковалев П.С.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

- Значение минерала и мергелесывороточной добавки в повышении продуктивности мо-
лодняка крупного рогатого скота 26
Гулаков А.Н., Лемеш Е.А.
Ретенция азота, кальция и фосфора в организме телят в молочный период под влиянием
пробиотического препарата «Бацифолин» и кормовой добавки «Криптостоп» 31
Кондалеев Г.Ю., Менькина А.Г.
Обоснование состава гранулированного фитопрепарата для коррекции стресс-
обусловленных нарушений у коров при промышленном содержании 36
Комиссарова Н.А., Ярован Н.И., Масалов В.Н.
Продуктивность и функциональные особенности вымени голштинских коров разной
живой массы 42

Кривопушкин В.В., Трохачев С.А.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Анализ и определение (исследование и выбор) оценочных показателей воздействия гусе-
ничных движителей на растительный покров и почвы 48
Лапик В.П., Адылин И.П., Лапик П.В., Кубаткина О.В.
Проявление взаимозаместимости составляющих дозы облучения в светокультуре салата
Ракутько Е.Н., Васькин А.Н. 54
Влияние температуры сушильного агента и влажности зерна на продолжительность про-
цесса сушки в сушилке аэродинамического нагрева 61
**Ожерельев В.Н., Купreenko А.И., Исаев Х.М., Толстоухова Т.Н., Купreenko О.А.,
Михайличенко С.М.**
Снижение трудоемкости транспортировки рулонов сена тракторными агрегатами 66
Ряднов А.И., Федоров А.В., Болаев Б.К., Арылов Ю.Н.
Усилия резания почвы междурядий ягодников I-образным ножом 72
Ожерельев В.Н., Пиргунов В.Н.
Параметрическая оценка надёжности асинхронных электродвигателей по данным экс-
плуатационного мониторинга 76
Филин Ю.И., Никитин А.М.

№ 6 (112)

NOVEMBER-DECEMBER 2025

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

- The effectiveness of chemical fertilizers in potato cultivation on radioactively contaminated
sod-podzolic sandy soils 3
N.M. Belous, G.P. Malyavko, S.F. Chesalin, I.N. Belous, E.V. Smol'sky, E.V. Prosyannikov
Effect of preparation "Albit" on physiological indicators and yields of white lupine 10
N.V. Milekhina, V.V. D'yachenko
Yield programming is the basis for developing an intensive technology for growing spring triticale 15
N.S. Shpilev, V.E. Torikov, L.V. Lebed'ko, K.I. Gorbachev
Issues of the influence of physical factors on the productivity of agricultural plants 21
V.E. Torikov, V.A. Pogonyshchev, D.A. Pogonyshcheva, P.S. Kovalev

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

- The value of mineral and mergelesyvorotchnaya additives in in-creasing the productivity of
calves of cattle 26
A.N. Gulakov, E.A. Lemesh
Nitrogen, calcium, and phosphorus retention in calves during The lactation period under the
influence of Probiotic preparation "Batsifolin" and feed additive "Kryptostop" 31
G.Y. Kondaleev, A.G. Menyakina
Substantiation of the composition of a granulated phytopreparation for the correction of stress-
induced disorders in cows under in-dustrial conditions 36
N.A. Komissarova, N.I. Yarovan, V.N. Masalov
Productivity and functional features of the umbilical nodes of holstein cows of different body
weight 42
V.V. Krivopushkin, S.A. Trokhachev

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

- Analysis and determination (research and selection) of assessment indicators of the impact of
tracked propulsion systems on vegetation cover and soil 48
V.P. Lapik, I.P. Adylin, P.V. Lapik, O.V. Kubatkina
Manifestation of mutual replacement of radiation dose components in lettuce light culture 54
E.N. Rakut'ko, A.N. Vas'kin
Influence of the temperature of the drying agent and the grain moisture content on the duration
of the drying process in an aerodynamic heating dryer 61
V.N. Ozhereliev, A.I. Kupreenko, Kh.M. Isaev, T.N. Tolstoukhova, O.A. Kupreenko, S.M. Mikhailichenko
Reducing the labor intensity of transporting hay bales by tractor units 66
A.I. Ryadnov, A.V. Fedorov, B.K. Bolaev, Y.N. Arylov
The force of cutting the soil between rows of berry bushes with an L-shaped knife 72
V.N. Ozhereliev, V.N. Purgunov
Parametric reliability assessment of asynchronous electric motors based on operational moni-
toring data 76
Yu.I. Filin, A.M. Nikitin

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. Малавко - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); А.В. Пасынков - д-р биол. наук, глав. науч. сотрудник Агрофизического НИИ (г. Санкт-Петербург); Т.Ф. Персикова - д-р с.-х. наук, профессор Белорусской ГСХА (г. Горки); С.М. Сычёв - 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, профессор 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); Н.И. Гавриченко - д-р биол. наук, профессор Витебской ГАВМ (г. Витебск); Л.Н. Гамко - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.Ю. Карпенко - д-р биол. наук, профессор Санкт-Петербургской ГАВМ (г. Санкт-Петербург); С.А. Козлов - д-р биол. наук, профессор Московской ГАВМ им. К.И. Скрябина (г. Москва); Е.Я. Лебедеко - д-р с.-х. наук, профессор Брянского ГАУ (Брянская область); Л.А. Танана - д-р с.-х. наук, профессор Гродненского ГАУ (г. Гродно).

Редакторы:

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

ISSN 2500-2651.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия (Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-28094 от 27 апреля 2007 г.).

Тираж 250 экз. Подписано в печать 09.12.2025.

Дата выхода в свет 24.12.2025.

Свободная цена.

Адрес редакции и издательства: 243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а,
E-mail: vestnik@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, 2025

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); 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); S.M. Sychyov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); V.E. Berdyshev - Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU - MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); A.A. Boyko - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Gomel STU named after Sukhoi P.O. (Gomel); N.N. Dubenok - Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU - MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); M.N. Erokhin - Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor of the RSAU - MAA named after Timiryazev A.A. (Moscow); N.I. Gavrichenko - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Vitebsk SAVM (Vitebsk); L.N. Gamko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.Yu. Karpenko - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Saint-Petersburg SAVM (Saint-Petersburg); S.A. Kozlov - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Moscow SAVM named after K.I. Skryabin (Moscow); E.Ya. Lebedko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bryansk SAU (Bryansk Region); L.A. Tanana - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Grodno SAU (Grodno).

Editors:

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

ISSN 2500-2651.

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

Circulation of 250 copies. Signed to printing - 09.12.2025.

The release date is 24.12.2025.

Free price.

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

E-mail: vestnik@bgsha.com.

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

© FSBEI HE Bryansk SAU, 2025

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

АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.8:635.21:539:631.445.2

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ
 В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ
 ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ**

**Николай Максимович Белоус, Галина Петровна Малявко,
 Сергей Фёдорович Чесалин, Игорь Николаевич Белоус,
 Евгений Владимирович Смольский, Евгений Владимирович Просьянников**
 ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Получены результаты эффективности средств химизации при возделывании картофеля в период исследования 1993-2017 годы в условиях радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых песчаных почв Новозыбковского района Брянской области. В результате исследований проведённых за 25 лет в различных погодно-климатических условиях установили, что эффективность возделывания картофеля зависела от видов, доз и сочетания элементов применения средств химизации. Наиболее эффективными средствами химизации являются совместное применение навоза 40 т/га + $N_{75}P_{30}K_{90}$ и $N_{150}P_{60}K_{180}$ + пестициды + Гумистим, которые при возделывании картофеля формируют урожайность клубней на уровне 34,6 и 31,3 т/га соответственно. Применение $N_{150}P_{60}K_{180}$ + пестициды + Гумистим и $N_{225}P_{90}K_{270}$ + пестициды + Гумистим обуславливает получение 90,0 % товарных клубней. Применение средств химизации снижает содержание крахмала в клубнях с максимума 16,8 % на контроле до минимума 12,5-12,7 % на вариантах комплексного применения минерального удобрения, пестицидов и Гумистима. Наибольшее содержание 16,2 % крахмала в клубнях обусловлено применением навоза 80 т/га и $N_{75}P_{30}K_{90}$. Увеличение уровня применения средств химизации значительно влияет на изменчивость показателя содержания нитратов в клубнях картофеля, однако величина содержания нитратов не превышала допустимый уровень. Возделывание картофеля без применения средств химизации обуславливает получение клубней с содержанием ^{137}Cs в среднем 84,5 Бк/кг, что выше допустимого уровня, применение средств химизации способствует получению клубней картофеля с допустимым уровнем содержания ^{137}Cs .

Ключевые слова: дерново-подзолистая песчаная почва, радиоактивное загрязнение, картофель, средства химизации, урожайность, качество клубней, ^{137}Cs .

Для цитирования: Эффективность средств химизации при возделывании картофеля в условиях радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых песчаных почв / Н.М. Белоус, Г.П. Малявко, С.Ф. Чесалин и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 3-9.

Original article

**EFFECTIVENESS OF CHEMICALIZATION MEANS IN POTATO CULTIVATION IN
 CONDITIONS OF RADIOACTIVELY CONTAMINATED SOD-PODZOLIC SANDY SOILS**

**Nikolai M. Belous, Galina P. Malyavko, Sergey F. Chesalin, Igor N. Belous,
 Yevgeniy V. Smol'sky, Yevgeniy V. Prosyannikov**
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The results of the effectiveness of chemicalization means in potato cultivation were obtained during the study period 1993-2017 in conditions of radioactively contaminated sod-podzolic sandy soils of the Novozybkovsky district of the Bryansk region. As a result of researches conducted over 25 years in various weather and climatic conditions, the effectiveness of potato cultivation was found to be dependent on types, doses and element combination of the applied chemicalization means. The most effective means of chemicalization are combined use of manure 40 t/ha + $N_{75}P_{30}K_{90}$ and $N_{150}P_{60}K_{180}$ + pesticides + Gumistim, which, when cultivating potatoes, form tuber yields at the level of 34.6 and 31.3 t/ha, respectively. The use of $N_{150}P_{60}K_{180}$ + pesticides + Gumistim and $N_{225}P_{90}K_{270}$ + pesticides + Gumistim leads to the production of 90.0% of commercial tubers. The use of chemicalization means reduces a starch contents in tubers from a maximum of 16.8% in the control to a minimum of 12.5-12.7% in options of the complex use of mineral fertilizer, pesticides and Gumistim. The highest starch contents of 16.2% in tubers is due to the use of

manure 80 t/ha and $N_{75}P_{30}K_{90}$. An increase in the use of chemicalization means significantly affects the variability of the nitrate contents in potato tubers, but the nitrate contents did not exceed the permissible level. The potato cultivation without using chemicalization means leads to the production of tubers with an average ^{137}Cs contents of 84.5 Bq/kg, which is higher than the permissible level, the use of chemicalization means contributes to the production of potato tubers with an acceptable level of ^{137}Cs content.

Keywords: sod-podzolic sandy soil, radioactive contamination, potatoes, chemicalization means, yields, quality of tubers, ^{137}Cs .

For citation: Effectiveness Of Chemicalization Means in Potato Cultivation in Conditions of Radioactively Contaminated Sod-Podzolic Sandy Soils / Belous N.M., Malyavko G.P., Chesalin S.F. et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). pp. 3-9.

Введение. Картофель - стратегическая культура в продовольственной безопасности страны, по объёму производства занимает второе место в России после зерновых культур [1]. Распространен во всех почвенно-климатических зонах Российской Федерации. Посадочные площади картофеля в промышленном секторе России составляют более 310,7 тыс. га, в Брянской области 30,6 тыс. га. Валовый сбор промышленного производства картофеля в России составил 8240 тыс. тонн, в том числе в Брянской области 1205,3 тыс. тонн [2].

Картофель используют как продукт питания и как сырьё для отдельных отраслей промышленности. В 2023 году потребление картофеля возросло почти до 55-90 кг на человека, при среднем мировом показателе 33,5 кг на человека.

Величина урожая картофеля определяется рядом факторов: применение органического, минерального удобрения, пестицидов и регуляторов роста, климатическими ресурсами, уровнем плодородия, технологией возделывания, биологическими особенностями сорта, технологией уборки и хранения [3, 4].

Поэтому исследования эффективности средств химизации при возделывании картофеля в аспекте использования радиоактивно загрязнённой пашни с целью повышения урожайности и качества клубней является актуальной задачей.

Цель исследования - определить значение видов, доз и сочетания элементов средств химизации в увеличении урожайности и качества продукции картофелеводства в условиях низкоплодородных радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых песчаных почв.

Материалы и методы исследования. Исследования проведены в полевом стационарном многолетнем опыте в период 1993-2017 годов в плодосменном севообороте со следующим чередованием культур: картофель, овёс, люпин на зелёный корм, озимая рожь.

Объект исследования - уровень применения различных видов, доз и сочетаний средств химизации на изменение урожайности и качества клубней картофеля.

Вегетационный период годов исследования различался по температурному режиму и количеству выпавших осадков, наблюдали избыточное, нормальное увлажнение и периоды засухи. Наиболее благоприятные погодные условия при возделывании картофеля складывались в 1998, 2003, 2011, 2012, 2016, 2017 годы, средними - 1993, 1994, засушливыми - 1995-1997, особенно сухим - 1999 и неблагоприятные - в 2002, 2005, 2009, 2013 годы.

Почвенный покров опытного поля представлен дерново-подзолистой песчаной, окультуренной почвой, развивающейся на древнеаллювиальных супесях подстилаемых мореной, со следующей агрохимической характеристикой: гумус - 2,1-2,4%, pH_{KCL} - 6,7-6,9 ед., подвижный фосфор и калий 385-499 и 69-102 мг/кг. Удельная активность территории пашни ^{137}Cs - 526-657 кБк/м².

Площадь полевого опыта в период исследований 1993-2012 годов составляла 14400 м², в период 2012-2017 годов - 20160 м², опытные делянки площадью 90 м² располагались систематически, учёт растительных образцов проводили на площади 70 м² опытной делянки при 3-кратной повторности опыта.

Обработка почвы и система защиты растения при возделывании сортов картофеля, Темп, Никульский, Кураж, Резерв общепринятые для картофелеводческих хозяйств Брянской области.

В качестве органического удобрения использовали: подстилочный навоз КРС, в качестве минерального удобрения аммиачную селитру, суперфосфат двойной, хлористый калий. Навоз КРС и минеральные удобрения вносили весной под перепахку зяби.

Гумистим применяли в баковой смеси с пестицидами в норме 6 л/га в фазу цветения картофеля.

Средства химизации, применяемые при возделывании картофеля, представлены в таблицах 1-5.

Определение качественных показателей продукции картофелеводства определяли по общепринятым методикам [5].

Изменчивость показателей качества клубней картофеля под действием средств химизации оценивали по коэффициенту вариации (V), если $V < 10\%$, то - незначительная, если выше $10\% < V < 20\%$, то - средняя, если $V > 20\%$, то - значительная [6].

Допустимый уровень 80 Бк/кг содержания ^{137}Cs в клубнях картофеля согласно техническому регламенту ТС «О безопасности пищевой продукции».

Результаты и их обсуждение. Условия среды при возделывании картофеля в контрольном варианте в 4,5 раза оказывали влияние на урожайность клубней, в 2005 году наблюдали минимальную урожайность 4,7 т/га, а в 1998 году максимальную - 21,0 т/га за 25 лет исследований, при средней урожайности за годы исследования - 9,4 т/га (табл. 1).

Применение органического удобрения в виде подстилочного навоза КРС при возделывании картофеля обуславливает положительное действие в увеличении урожайности, в среднем за годы исследования прибавка урожая клубней составила 7,8 т/га. Условия среды определяли эффективность действия органического удобрения на урожайность клубней, в 2012 году, который характеризовался как благоприятный по влагообеспеченности, получили 33,2 т/га клубней, что выше в 1,9 раза в сравнении со средним показателем за годы исследования на данном варианте.

Совместное применение органического (40 т/га навоза) и минерального ($\text{N}_{75}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$) удобрения обладают наилучшей эффективностью в повышении урожайности картофеля, на данном варианте выявили максимальную среднюю урожайность 21,1 т/га клубней в полевом опыте. Условия среды при возделывании картофеля действовали на эффективность средств химизации, в 2005 году, который характеризовался неблагоприятными условиями, получили минимальную урожайность 6,6 т/га, а в 2012 году, который характеризовался как благоприятный по влагообеспеченности, максимальную урожайность 39,2 т/га.

Таблица 1 - Влияние средств химизации на урожайность клубней картофеля (среднее за годы исследований)

| Показатель Вариант | Урожайность, т/га | | | Прибавка, т/га | | |
|---|-------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|
| | без пестицидов | с пестицидами | с Гумистимом | от удобрений | от пестицидов | от Гумистима |
| Контроль | 9,4 | - | - | - | - | - |
| Навоз 80 т/га | 17,2 | - | - | +7,8 | - | - |
| Навоз 40 т/га + $\text{N}_{75}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$ | 21,1 | 24,0 | 34,6 | +11,7 | +2,9 | +10,6 |
| $\text{N}_{75}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$ | 17,0 | 18,7 | 25,8 | +7,6 | +1,7 | +7,1 |
| $\text{N}_{150}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ | 20,0 | 23,0 | 31,3 | +10,6 | +3,0 | +8,3 |
| $\text{N}_{225}\text{P}_{90}\text{K}_{270}$ | 19,4 | 21,6 | 27,5 | +10,0 | +2,2 | +5,9 |

Уровень использования минерального удобрения влияет на эффективность возделывания картофеля, применение $\text{N}_{150}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ обуславливает наибольшую прибавку 10,6 т/га урожая клубней в сравнении с контрольным вариантом и является наиболее эффективным средством химизации в сравнении с другими дозами отдельного применения минерального удобрения. Условия среды определяли эффективность действия минерального удобрения, в 2012 году, который характеризовался как благоприятный по влагообеспеченности, применение $\text{N}_{150}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ обуславливало получение 40,2 т/га клубней, что в 2 раза выше среднего показателя урожайности за годы исследования на данном варианте. Повышение доз минерального удобрения в определенных условиях (например, при дефиците влаги) оказывали уже депрессирующее действие на формирование урожая клубней.

Проведя сравнительную оценку эффективности различных сочетаний средств химизации в период исследований, установили, что наиболее эффективной при возделывании картофеля является органо-минеральная (навоз 40 т/га + $\text{N}_{75}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$) и минеральная система удобрения $\text{N}_{150}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$. Органическая система удобрения незначительно превосходила по урожайности картофеля минеральную систему в дозе $\text{N}_{75}\text{P}_{30}\text{K}_{90}$.

Комплексное использование агрохимических средств (удобрения, пестицидов, биологических препаратов) обеспечивает более полное использование факторов среды сельскохозяйственными культурами, что, в конечном счёте, обеспечивает более высокое формирование урожая растениеводческой продукции [7, 8].

Обнаружили наилучший эффект от совместного применения пестицидов с органическим (40 т/га навоза) + минеральным (N₇₅P₃₀K₉₀) удобрением и минеральным (N₁₅₀P₉₀K₁₈₀) удобрением в повышении урожайности картофеля, на данном варианте применения средств химизации отметили в среднем за годы исследования наибольшую прибавку 2,9-3,0 т/га урожая клубней. Отметили, что чем ниже урожайность клубней картофеля на тех или иных вариантах, тем меньше прибавка от пестицидов.

Обнаружили наибольшую эффективность средств химизации при возделывании картофеля при комплексном применении навоза 40 т/га, N₇₅P₃₀K₉₀, пестицидов и Гумистима, которое в среднем за годы исследования обеспечивает получения 34,6 т/га клубней, что на 25,2 т/га выше урожайности контрольного варианта. Наибольшая эффективность минерального удобрения установлена при комплексном применении N₁₅₀P₆₀K₁₈₀, пестицидов и Гумистима, которое в среднем за годы исследования обеспечивает получения 31,3 т/га клубней. Наименьшая эффективность минерального удобрения установлена при комплексном применении N₂₂₅P₉₀K₂₇₀, пестицидов и Гумистима, которое в среднем за годы исследования обеспечивает получения прибавки 5,9 т/га урожая картофеля клубней.

Показатель товарности клубней картофеля зависел от уровня применения средств химизации, в среднем за 25 лет исследований минимальный показатель 50,8 % наблюдали в контрольном варианте, а максимальный показатель 90,0 % в вариантах применения N₁₅₀P₆₀K₁₈₀ + пестициды + Гумистим и N₂₂₅P₉₀K₂₇₀ + пестициды + Гумистим. Изменчивость показателя под действием химизации - средняя (табл. 2).

Таблица 2 - Влияние средств химизации на товарность клубней картофеля, % (среднее за годы исследований)

| Вариант | Показатель | Среднее | Прибавка | | | |
|--|------------|---------|------------|--------------|---------------|--------------|
| | | | к контролю | от удобрения | от пестицидов | от Гумистима |
| Контроль | | 50,8 | - | - | - | - |
| Навоз 80 т/га | | 67,8 | 17 | +17 | - | - |
| Навоз 40 т/га+N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ | | 68,5 | 17,7 | +17,7 | - | - |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ | | 66,3 | 15,5 | +15,5 | - | - |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ | | 69,8 | 19,0 | +19,0 | - | - |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ | | 71,8 | 22,0 | +21,0 | - | - |
| Навоз 40 т/га+ N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды | | 73,8 | 23,0 | - | +5,3 | - |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды | | 69,8 | 19,0 | - | +1,3 | - |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + пестициды | | 73,8 | 23,0 | - | +4,0 | - |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + пестициды | | 76,0 | 22,2 | - | +4,2 | - |
| Навоз 40 т/га + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды + Гумистим | | 89,0 | 37,2 | - | - | +15,2 |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды + Гумистим | | 87,0 | 35,7 | - | - | +17,2 |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + пестициды + Гумистим | | 90,0 | 38,0 | - | - | +16,2 |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + пестициды + Гумистим | | 90,0 | 38,2 | - | - | +14,0 |
| Среднее по вариантам | | 74,6 | - | - | - | - |
| Коэффициент вариации, % | | 14,9 | - | - | - | - |

Отдельное применение органического удобрения повышает показатель товарности клубней картофеля до 67,8 %, органического и минерального удобрения - до 68,5 %, минерального удобрения - до 66,3-71,8 %. Комплексное применение различных элементов средств химизации способствовало повышению товарности клубней картофеля от 69,8 % до 90,0 % в зависимости от видов, доз и их сочетания, при этом установили, что значение применения пестицидов в повышении показателя - 1,3-5,3 %, а Гумистима - 14,0-17,2 %.

Применение средств химизации снижает показатель содержания крахмала в клубнях картофеля с максимума 16,8 % на контрольном варианте до минимума 12,5-12,7 % на вариантах комплексного применения минерального удобрения, пестицидов и Гумистима. Наибольшее содержание 16,2 % крахмала в клубнях обусловлено применением навоза 80 т/га и N₇₅P₃₀K₉₀ (табл. 3).

Отдельное применение возрастающих доз минерального удобрения от N₇₅P₃₀K₉₀ до N₂₂₅P₉₀K₂₇₀ снижало содержание крахмала в клубнях картофеля от 16,2 до 15,4 %, при совместном применении с пестицидами с 16,0 до 15,4 %, а при комплексном применении минерального удобрения, пестицидов и Гумистима повышалось с 12,5 до 12,7 % содержания крахмала.

Таблица 3 - Влияние средств химизации на содержание крахмала и его сбор при возделывании картофеля (в среднем за годы исследований)

| Вариант | Показатель | Содержание крахмала, % | Сбор крахмала, т/га | Прибавка | | | |
|--|------------|------------------------|---------------------|------------|--------------|---------------|--------------|
| | | | | к контролю | от удобрения | от пестицидов | от Гумистима |
| Контроль | | 16,8 | 1,58 | - | - | - | - |
| Навоз 80 т/га | | 16,2 | 2,78 | +1,20 | +1,20 | - | - |
| Навоз 40 т/га+N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ | | 16,1 | 3,40 | +1,82 | +1,82 | - | - |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ | | 16,2 | 2,75 | +1,17 | +1,17 | - | - |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ | | 15,6 | 3,13 | +1,55 | +1,55 | - | - |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ | | 15,4 | 2,98 | +1,40 | +1,40 | - | - |
| Навоз 40 т/га+ N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды | | 15,9 | 3,82 | +2,24 | - | +0,42 | - |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды | | 16,0 | 2,98 | +1,40 | - | +0,23 | - |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + пестициды | | 15,8 | 3,62 | +2,04 | - | +0,85 | - |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + пестициды | | 15,4 | 3,32 | +1,74 | - | +0,34 | - |
| Навоз 40 т/га + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды + Гумистим | | 13,3 | 4,60 | +3,02 | - | - | +0,78 |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды + Гумистим | | 12,5 | 3,23 | +1,65 | - | - | +0,25 |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + пестициды + Гумистим | | 12,7 | 3,96 | +2,38 | - | - | +0,34 |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + пестициды + Гумистим | | 12,7 | 3,48 | +1,90 | - | - | +0,15 |
| Среднее по вариантам | | 15,04 | 3,26 | - | - | - | - |
| Коэффициент вариации, % | | 10,1 | 21,3 | - | - | - | - |

Под действием повышения уровня использования средств химизации происходит мощное развитие ботвы картофеля и более позднее её отмирание, что обуславливает снижение оттока элементов питания из вегетативной массы в клубни, в результате чего происходит снижение содержания крахмала в картофеля (Секирников, 2022).

В среднем за годы исследования применение навоза 40 т/га + N₇₅P₃₀K₉₀ + пестициды + Гумистим обуславливало максимальный выход крахмала 4,6 т/га в сравнении с вариантами опыта, а прибавка к контрольному варианту составила 3,02 т/га. Наименьший сбор крахмала 2,75-2,78 т/га получен в вариантах применения N₇₅P₃₀K₉₀ и 80 т/га навоза. Возрастающие дозы минерального удобрения повышали сбор крахмала до 3,13 т/га. Увеличение сбора крахмала происходило за счёт повышения урожайности клубней картофеля, а не содержания в них крахмала.

Таблица 4 - Влияние средств химизации на содержание нитратов в клубнях картофеля, мг/кг (в среднем за годы исследований)

| Вариант | Показатель | Нитраты | Прибавка |
|--|------------|---------|----------|
| Контроль | | 70 | - |
| Навоз 80 т/га | | 139 | +69 |
| Навоз 40 т/га+N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ | | 147 | +77 |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ | | 161 | +91 |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ | | 189 | +119 |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ | | 216 | +146 |
| Навоз 40 т/га+ N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды | | 171 | +101 |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды | | 161 | +91 |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + пестициды | | 188 | +118 |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + пестициды | | 221 | +151 |
| Навоз 40 т/га + N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды + Гумистим | | 196 | +126 |
| N ₇₅ P ₃₀ K ₉₀ + пестициды + Гумистим | | 193 | +123 |
| N ₁₅₀ P ₆₀ K ₁₈₀ + пестициды + Гумистим | | 202 | +132 |
| N ₂₂₅ P ₉₀ K ₂₇₀ + пестициды + Гумистим | | 211 | +141 |
| Среднее по вариантам | | 176,1 | - |
| Коэффициент вариации, % | | 22,5 | - |

Применение средств химизации предусмотренных схемой опыта вело к увеличению накопления нитратов в продукции растениеводства, так в среднем за 25 лет исследований содержание нитратов в сырой массе варьировало от 70 на варианте без применения средств химизации до 221 мг/кг на варианте совместного применения $N_{225}P_{90}K_{270}$ + пестициды (табл. 4).

Уровень применения средств химизации значительно влияет на изменчивость показателя содержания нитратов в клубнях, но величина содержания нитратов не превышала допустимый уровень 300 мг/кг. Содержание ^{137}Cs в клубнях картофеля в среднем за 25 лет исследования в контрольном варианте составило 84,5 Бк/кг, при варьировании в зависимости от погодных условий от 41 в 2017 году до 131 Бк/кг в 1996 году (табл. 5). Применение навоза в дозе 80 т/га снижало удельную активность ^{137}Cs в клубнях картофеля в 2,3 раза. Наибольшее содержание ^{137}Cs в клубнях картофеля 64 Бк/кг отмечалось в 1994 году, а наименьшее 18 Бк/кг в 2017 году. В варианте применения 40 т/га навоза + $N_{75}P_{30}K_{90}$ содержание ^{137}Cs составило 32,4 Бк/кг. Снижение содержания ^{137}Cs составило в 2,6 раза в сравнении с контролем с колебанием по годам от 18 Бк/кг в 2005 и 2014 годах до 51 Бк/кг в 2001 году. Применение минеральной системы удобрения уменьшало удельную активность ^{137}Cs в дозе $N_{75}P_{30}K_{90}$ в 2,7 раза, в дозе $N_{150}P_{60}K_{180}$ в 3,0 раза, в дозе $N_{225}P_{90}K_{270}$ в 3,3 раза.

Таблица 5 - Влияние средств химизации на содержание ^{137}Cs в клубнях картофеля, Бк/кг (в среднем за годы исследований)

| Вариант | Показатель | ^{137}Cs | Ксн |
|---|------------|------------|-----|
| Контроль | | 84,5 | - |
| Навоз 80 т/га | | 36,3 | 2,3 |
| Навоз 40 т/га + $N_{75}P_{30}K_{90}$ | | 32,4 | 2,6 |
| $N_{75}P_{30}K_{90}$ | | 31,8 | 2,7 |
| $N_{150}P_{60}K_{180}$ | | 28,1 | 3,0 |
| $N_{225}P_{90}K_{270}$ | | 25,3 | 3,3 |
| Навоз 40 т/га + $N_{75}P_{30}K_{90}$ + пестициды | | 29,9 | 2,8 |
| $N_{75}P_{30}K_{90}$ + пестициды | | 34,3 | 2,5 |
| $N_{150}P_{60}K_{180}$ + пестициды | | 27,3 | 3,1 |
| $N_{225}P_{90}K_{270}$ + пестициды | | 23,8 | 3,6 |
| Навоз 40 т/га + $N_{75}P_{30}K_{90}$ + пестициды + Гумистим | | 16,0 | 5,3 |
| $N_{75}P_{30}K_{90}$ + пестициды + Гумистим | | 16,0 | 5,3 |
| $N_{150}P_{60}K_{180}$ + пестициды + Гумистим | | 13,2 | 6,4 |
| $N_{225}P_{90}K_{270}$ + пестициды + Гумистим | | 11,4 | 7,4 |
| Среднее по вариантам | | 29,3 | - |
| Коэффициент вариации, % | | 61 | - |

Условия среды при возделывании картофеля действовали на накопление ^{137}Cs клубнями, в 1996 году в контрольном варианте наблюдали максимум 131 Бк/кг содержания ^{137}Cs в клубнях, что в 1,6 раза выше среднего показателя за годы исследования. Комплексное применение средств химизации способствовало повышению урожайности клубней картофеля, в связи с этим наблюдали снижение содержания ^{137}Cs в клубнях картофеля за счет биологического разбавления. В среднем за 25 лет исследований применение средств химизации согласно схеме опыта обуславливает получение клубней картофеля с допустимым уровнем содержания ^{137}Cs по нормативу.

Заключение. Эффективность средств химизации при возделывании картофеля в условиях радиоактивно загрязнённых дерново-подзолистых песчаных почв зависела от видов, доз и их сочетания. Наибольший эффект в повышении урожайности до 34,6 и 31,3 т/га клубней при возделывании картофеля получен соответственно при комплексном применении навоза 40 т/га + $N_{75}P_{30}K_{90}$ и $N_{150}P_{60}K_{180}$ с пестицидами и Гумистимом. Наибольшую 90,0 % товарность клубней картофеля определили в вариантах применения $N_{150}P_{60}K_{180}$ + пестициды + Гумистим и $N_{225}P_{90}K_{270}$ + пестициды + Гумистим, изменчивость показателя под действием химизации была средней.

Повышение уровня применения средств химизации снижает содержание крахмала в клубнях картофеля с максимального показателя 16,8 % на контрольном варианте до минимального показателя 12,5-12,7 % на вариантах комплексного применения минерального удобрения, пестицидов и Гумистима. Наибольшее содержание 16,2 % крахмала в клубнях обусловлено применением навоза 80 т/га и $N_{75}P_{30}K_{90}$. Выявили, что увеличение уровня применения средств химизации значительно влияет на изменчивость показателя содержания нитратов в клубнях картофеля, однако величина содержания нитратов не превышала допустимый уровень. Возделывание картофеля без применения средств химизации обу-

славливает получение клубней с содержанием ^{137}Cs в среднем 84,5 Бк/кг, применение средств химизации способствует получению клубней картофеля с допустимым уровнем содержания ^{137}Cs .

Список источников

1. Жевора С.В. Развитие селекции и семеноводства картофеля в России // Картофель и овощи. 2025. № 1. С. 38-42.
2. Совершенствование элементов технологии возделывания картофеля в производственных условиях / С.А. Бельченко, В.М. Никифоров, А.С. Шевцов, М.И. Никифоров // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54, № 6. С. 29-40.
3. Влияние предшественников и удобрений на изменение активности почвы и развитие корневой системы картофеля в короткоротационных севооборотах / А.А. Молявко, А.В. Марухленко, Н.П. Борисова и др. // Вестник БГСХА. 2023. № 2. С. 22-28.
4. Плодородие почвы и урожайность картофеля на основе научно обоснованной системы применения мелиорантов и удобрений / С.В. Жевора, Л.С. Федотова, Н.И. Аканова и др. // Плодородие. 2022. № 6. С. 55-59.
5. Габибов М.А., Троц Н.М., Виноградов Д.В. Практикум по агрохимии. Кинель: Самарский ГАУ, 2022. 222 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Влияние биологического регулятора роста на формирование ростовых процессов селекционной линии картофеля / Е.Н. Пакина, О.Е. Глушенкова, И.И. Кругликова и др. // Проблемы развития АПК региона. 2023. № 4 (56). С. 71-76.
8. Эффективность возделывания раннего картофеля на радиоактивно загрязненной почве в отдаленный период после аварии на ЧАЭС / А.Е. Секирников, В.В. Седов, Т.И. Васькина и др. // Плодородие. 2020. № 5 (116). С. 68-72.

Информация об авторах

Н.М. Белоус - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Г.П. Малявко - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

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

И.Н. Белоус - доктор сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

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

Е.В. Просяников - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Information about the authors

N.M. Belous - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology of Bryansk State Agrarian University.

G.P. Malyavko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology of Bryansk State Agrarian University.

S.F. Chesalin - Doctor of Agricultural Sciences of Bryansk State Agrarian University.

I.N. Belous - Doctor of Agricultural Sciences of Bryansk State Agrarian University.

Ye.V. Smol'sky - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology of Bryansk State Agrarian University, sev_84@mail.ru.

Ye.V. Prosyannikov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology of 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 09.09.2025, одобрена после рецензирования 28.10.2025, принята к публикации 21.11.2025.

The article was submitted 09.09.2025, approved after reviewing 28.10.2025; accepted for publication 21.11.2025.

© Белоус Н.М., Малявко Г.П., Чесалин С.Ф., Белоус И.Н., Смольский Е.В., Просяников Е.В.

Научная статья
УДК 633.367.3:631.86

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «АЛЬБИТ» НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЛЮПИНА БЕЛОГО

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

Аннотация. Изучение влияния препарата «Альбит» на растения люпина белого в период бутонизации, выявило его положительное воздействие на урожайность и накопление сухой массы вегетативных и генеративных органов. Препарат содержит комплекс биологически активных веществ, на основе природных компонентов, активно используется в сельском хозяйстве для повышения устойчивости растений к различным стрессам, таким как заболевания, неблагоприятные климатические условия и другие факторы, влияющие на их развитие. Опрыскивание посевов в фазу бутонизации позволяет повысить устойчивость люпина к засухе, заморозкам и болезням в критические периоды вегетации. Во время проведения исследований сорта «Мичуринский» и «Алый парус» демонстрировали более высокие показатели сухой массы листьев, стеблей и корней по сравнению с контролем. Самый значительный прирост сухой массы листьев был зафиксирован у сорта «Мичуринский» - 35,3%. Сорт «Алый парус» показал прирост сухой массы стебля на 34,5%, а сорт «Мичуринский» - на 32,8% по отношению к контролю. Применение препарата «Альбит» способствовало так же увеличению сухой массы бобов у исследуемых сортов - «Мичуринский» на 32,6%, «Алый парус» - на 15,6%. Сухая масса корней у сорта «Алый парус» была на 40,8% больше, чем у сорта «Мичуринский». Результаты опыта так же показали, что у сорта «Мичуринский» отмечены более высокие показатели по сухой массе листьев и бобов. Сорт «Алый парус» обладал преимуществом в сухом весе стеблей и корней. По количеству бобов и семян на одно растение сорт «Мичуринский» превзошел «Алый парус». Самыми урожайными оказались растения сорта «Алый парус» (362,6 г/м²), это выше на 29,8 г/м² или 8,9% показателей сорта «Мичуринский».

Ключевые слова: люпин белый, препарат «Альбит», сухая масса, урожайность.

Для цитирования: Милехина Н.В., Дьяченко В.В. Влияние препарата «Альбит» на физиологические показатели и урожайность люпина белого // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 10-14.

Original article

EFFECT OF PREPARATION “ALBIT” ON PHYSIOLOGICAL INDICATORS AND YIELDS OF WHITE LUPINE

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

Abstract. A study of the influence of the preparation “Albit” on white lupine plants during the budding period revealed its positive effect on yields and accumulation of dry mass of vegetative and generative organs. The preparation contains a complex of biologically active substances, based on natural components, is actively used in agriculture to increase the resistance of plants to various stresses, such as diseases, adverse climatic conditions and other factors influencing their development. Spraying crops during the budding phase increases lupine resistance to drought, frost and diseases during critical growing seasons. During the researches, varieties «Michurinsky» and «Alyi Parus» showed higher dry weight values of leaves, stems and roots compared to the control. The most significant increase in the dry leaf mass was recorded in the «Michurinsky» variety - 35.3%. The «Alyi Parus» variety showed an increase in the stem dry mass by 34.5%, and the «Michurinsky» variety - by 32.8% in relation to the control. The use of the preparation «Albit» also contributed to the increase in the dry mass of beans in the studied varieties - «Michurinsky» by 32.6%, «Alyi Parus» - by 15.6%. The root dry mass of the «Alyi Parus» variety was 40.8% more than that of the «Michurinsky» variety. The results of the experiment also showed that the «Michurinsky» variety had higher dry mass values of leaves and beans. The «Alyi Parus» variety had an advantage in dry mass of stems and roots. In terms of the number of beans and seeds per plant, the «Michurinsky» variety surpassed the «Alyi Parus». The plants of the «Alyi Parus» variety turned out to be the most productive (362.6 g/m²), that is higher by 29.8 g/m² or 8.9% of the indicators of the «Michurinsky» variety.

Keywords: white lupine, preparation «Albit», dry mass, yields.

For citation: Milekhina N.V., Dyachenko V.V. Effect of Preparation “Albit” on Physiological Indicators and Yields of White Lupine// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). pp. 10-14.

Введение. Люпин белый (*Lupinus albus* L.) - ценная зернобобовая культура, играющая важную роль в современном сельском хозяйстве. Благодаря высокой питательности зерна, способности фиксировать атмосферный азот и улучшать почвенное плодородие, он представляет интерес, как для растениеводства, так и для кормопроизводства. В условиях роста спроса на растительные белки и устойчивое земледелие люпин белый становится перспективной культурой, способной заменить импортные соевые шроты в животноводстве и обогатить рацион человека за счет высокобелковых продуктов.

По мнению профессора Гатаулиной Г.Г. «в России ставка делается на сою, но немалую роль в окончательном решении кормовой проблемы должен сыграть люпин. Коммерческие сорта люпина способны накапливать в зерне до 35-40% белка, некоторые новые сорта и до 45%, жира 10-12%» [1].

Для многих сельскохозяйственных культур наиболее перспективным приемом, способствующим формированию высокой продуктивности семян, стали обработки вегетирующих растений различными биопрепаратами, стимуляторами роста, макро- и микроудобрениями [2,3,4].

Регулятор роста «Альбит» способствует повышению устойчивости к неблагоприятным факторам среды, поражению болезнями растений и повышению урожайности сельскохозяйственных культур [5].

Изучение препарата «Альбит» и его эффективность на бобовых культурах, так же было изучено на посевах гороха посевного и люпина узколистного [6,7,8].

Цель работы - изучить отзывчивость растений люпина белого на применение препарата Альбит.

Материал и методы. Полевые опыты были проведены в Брянском государственном аграрном университете в 2022-2023 годах на базе экспериментального стационара.

Почва на участке серая лесная, легкосуглинистая. Гумусовый слой 45 см, содержание гумуса 2,9%, доступные формы фосфора и калия средние (15-18 мг P_2O_5 и 13-15 мг K_2O на 0,1 кг почвы). Реакция почвенного раствора слабокислая, pH-5,2.

Полевой опыт был однофакторным и включал сорта люпина белого селекции ВНИИ люпина - филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»: «Мичуринский» и «Алый парус».

Опыты проводили в четырехкратной повторности. Общая площадь участка 22 квадратных метра, учетная площадь 20 квадратных метров.

Предшествующими культурами в опыте были - кукуруза и яровой рапс. Посев проводили в начале мая. Норма высева 1,2 млн. всхожих семян на 1 га. Перед посевом семена протравили препаратом Витарос 2 л/т. До появления всходов применяли гербицид Лазурит (СП-700 г/кг). В фазу бутонизации посеы опрыскивали биопрепаратом «Альбит» (40 мл на 300 л/га).

Фенологические наблюдения проводили согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [9].

Содержание сухого вещества в органах растений было проведено с применением сушильного шкафа, методом высушивания органов растений до постоянной массы ($T 105^{\circ}C$).

Элементы структуры урожая определяли путем отбора образцов по 25 растений, подсчитывали количество бобов и семян на растении, взвешивали массу семян с одного растения.

Урожай семян учитывали с 1 м² в четырехкратной повторности.

Для проведения статистической обработки данных использовали метод дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [10] на персональном компьютере с помощью программы статистического анализа Straz.

Результаты и их обсуждение. Самым благоприятным для роста и развития люпина белого был 2023 год. Гидротермический коэффициент составил - 1,3, что было ниже среднееголетнего значения. За период вегетации выпало 265,1 мм осадков, что практически соответствовало среднееголетнему значению. Средняя температура находилась в пределах нормы. Июнь и июль были достаточно теплыми. Сумма активных температур за вегетацию в 2022 и 2023 годах составила 1775,6 и 2046,9 °C соответственно.

Менее благоприятные погодно-климатические условия для люпина белого сложились в 2022 году. За весь период вегетации все климатические показатели превышали среднееголетние значения. Выпало 311,2 мм осадков при средней температуре воздуха 19,8°C, ГТК - 1,9.

Анализируя рост растений по фазам развития было отмечено, что в среднем за два года у сортов люпина белого, в вариантах, где применяли препарат, линейный рост растений имел превосходство. Возможно, на это оказали влияние факторы среды и разный темп роста растений.

В среднем за два года исследований, высота растений у сорта «Мичуринский» в фазе блестящего боба в варианте с «Альбитом» составляла - 62,5 см, что выше контроля на 3,6 см или 6,1 %.

Растения сорта «Алый парус» были более высокорослыми и при обработке «Альбитом», их высота достигала 87,9 см, превышая контроль на 6,1%.

Было отмечено, что у позднеспелого сорта «Алый парус» прирост длины стебля в фазу блестящего боба был больше и составил -5,1 см, чем у скороспелого сорта «Мичуринский» - 3,6 см.

Во время проведения опытов в фазу сизо-блестящего боба определяли сухую биомассу вегетативных органов растений. В период бутонизации, обработка растений «Альбитом», положительно сказалась на показателях накопления сухой массы листьев, стеблей и бобов.

В среднем за 2 года абсолютное преимущество в накоплении сухой массы листьев у обоих сортов было отмечено в вариантах с применением препарата. Превышение над контролем у сорта «Мичуринский» составило 35,3%, что выше на 3,7% , чем у сорта «Алый парус».

Такая же закономерность прослеживалась и при накоплении сухой массы стеблей. В вариантах с применением препарата, сухая масса стебля была выше контроля на 34,5 % у сорта «Алый парус» и на 32,8% у сорта «Мичуринский». Сухая масса бобов по отношению к контролю у сорта «Мичуринский» была выше на 32,6%, у сорта «Алый парус» - на 15,6% (табл. 1).

Таблица 1 - Динамика накопления сухой массы листьев стеблей и бобов растений люпина белого за 2022-2023 годы

| Сорт | Вариант опыта | Сухая масса, г/растение (фаза сизо-блестящего боба) | | | | | |
|---------------|---------------|---|------|---------|------|-------|------|
| | | листьев | | стеблей | | бобов | |
| | | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| «Мичуринский» | контроль | 2,82 | 3,12 | 3,91 | 5,31 | 3,51 | 5,51 |
| | «Альбит» | 3,54 | 4,51 | 5,42 | 6,82 | 4,73 | 7,23 |
| «Алый парус» | контроль | 4,14 | 3,54 | 6,18 | 5,48 | 6,45 | 5,38 |
| | «Альбит» | 5,31 | 4,71 | 8,25 | 7,35 | 8,26 | 7,14 |

Применение препарата «Альбит» на посевах люпина белого способствовало и накоплению сухой биомассы корней (рис.1).

У сорта «Мичуринский», в среднем за годы исследований, максимальный прирост сухой массы корней был на 13,9% выше, чем в контрольном варианте.

У растений сорта «Алый парус» сухая масса корней превысила контроль на 19,5%. Это на 40,8 % больше, чем у сорта «Мичуринский».

У сорта «Мичуринский» эффект от препарата по отношению к таким показателям как сухая масса листьев и бобов, был выше, чем у сорта «Алый парус». А сорт «Алый парус» по сухой массе стеблей и корней имел превосходство.

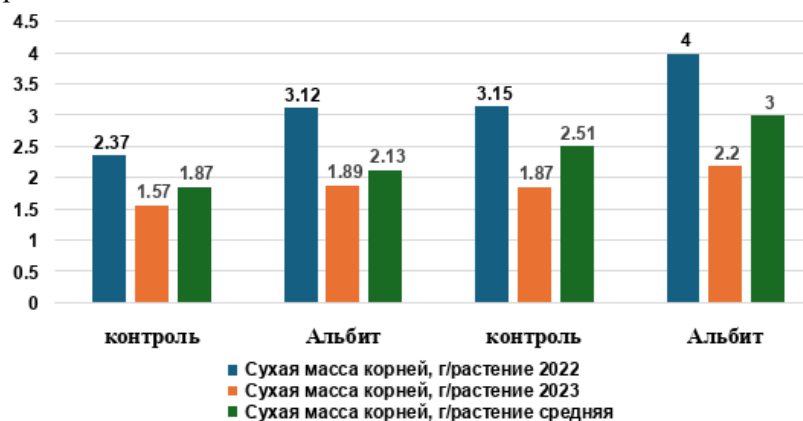


Рисунок 1 - Динамика накопления сухой массы растениями люпина белого (фаза сизо-блестящего боба)

Согласно результатам опыта, в среднем по вариантам, где применяли «Альбит», на одном растении у сортов «Мичуринский» и «Алый парус» было сформировано 7,7 и 8,9 бобов, что превысило контроль на 10 и 7,2% соответственно (табл.2).

С одного растения было получено 28,4 и 30,5 семян, что обеспечило прибавку к контролю на 14,8% и 10,2 % соответственно по сортам. Но у сорта «Алый парус» семян с растения на 5 шт. или на 18,9 % было собрано больше. Масса семян составила 5,9 и 7,7 г, но прибавка к контролю была практически одинаковой - 11%.

У сорта «Алый парус» применение препарата не существенно повлияло на такие элементы структуры как количество бобов и семян. С одного растения эти показатели были ниже, чем у сорта «Мичуринский».

По данным к. с.- х. наук Милехиной Н.В. и др. «в среднем за два года исследований в вариантах с опрыскиванием исследуемые сорта были наиболее продуктивными. Урожайность семян у сорта «Алый парус» на 15,5% была выше, чем в варианте без опрыскивания. Применение препарата так же

сказалось на семенной продуктивности сорта «Мичуринский». Урожайность превысила контроль на 13,5 %»[8].

Таблица 2 - Элементы структуры урожая люпина белого за 2022-2023 годы

| Сорт | Вариант опыта | На одно растение, шт | | | | | | Масса семян с растения, г | |
|---------------|---------------|----------------------|------|-------|------|--------------|------|---------------------------|------|
| | | бобов | | семян | | семян в бобе | | | |
| | | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 | 2022 | 2023 |
| «Мичуринский» | контроль | 6,7 | 7,3 | 21,9 | 24,1 | 3,27 | 3,30 | 4,9 | 5,7 |
| | «Альбит» | 7,3 | 8,1 | 24,8 | 27,9 | 3,39 | 3,44 | 5,5 | 6,3 |
| «Алый парус» | контроль | 7,7 | 8,8 | 26,4 | 30,5 | 3,43 | 3,47 | 6,2 | 7,5 |
| | «Альбит2 | 8,3 | 9,4 | 29,1 | 33,7 | 3,51 | 3,59 | 7,0 | 8,4 |

Максимальная урожайность семян люпина белого была достигнута в вариантах при обработке «Альбитом». Так, в среднем по вариантам у сорта «Мичуринский» она повысилась до 332,8 г/м², сорта «Алый парус» - до 362,3 г/м². Превышение составило соответственно 3,9 и 5,6 %.

Выводы. Применение препарата «Альбит» можно рекомендовать для обработки растений люпина белого в период бутонизации, так как он оказывает положительное влияние на физиологические показатели растений и на урожайность.

У сорта «Мичуринский» эффект от препарата по отношению к таким показателям, как сухая масса листьев и бобов, был выше, чем у сорта «Алый парус». По сухой массе стеблей и корней имели превосходство растения сорта «Алый парус».

Обработка «Альбитом» оказала максимальный эффект на растения сорта «Мичуринский», особенно на количество бобов и семян с одного растения, по сравнению с сортом «Алый парус».

Наибольшую урожайность сформировали растения сорта «Алый парус» (362,6 г/м²), что выше на 29,8 г/м² или 8,9% по сравнению с сортом «Мичуринский».

Список источников

1. Гатаулина Г.Г. Люпин поможет ликвидировать дефицит растительного белка // Аграрная наука. 2021. № 9. С. 73-75.
2. Влияние регуляторов роста на урожайность сои / Х.Ш. Тарчоков, М.М. Чочаев, Д.А. Тутукова, А.Х. Журтова // Земледелие и селекция в Беларуси. 2022. № 58. С. 168-177.
3. Влияние макро- и микроудобрений, их сочетаний на формирование урожайности и качество семян люпина белого в условиях юго-западной части Центрально-Черноземного региона / В.Н. Наумкин, А.С. Блинник, О.Ю. Артёмова и др. // Кормопроизводство. 2021. № 3. С. 32-37.
4. Вильдфлуш И.Р., Малашевская О.В. Экономическая эффективность применения удобрений, ризобияльного инокулянта и регулятора роста при возделывании полевого гороха // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 117-120.
5. Пашковская А.А., Шаповалов В.Ф. Зверева Л.А. Действие биопрепарата Альбит с минеральными удобрениями и приемов основной обработки почвы на урожайность и качество гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. 2025. № 3 (55). С. 61-66.
6. Милехина Н.В. Сравнительная оценка сортов гороха посевного по продуктивности в зависимости от применения биопрепаратов // Современные тенденции развития аграрной науки: материалы III междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2024. С. 108-114.
7. Маркина Д.В., Милехина Н.В. Влияние биопрепаратов на урожайность гороха посевного // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: материалам XXV междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию агротехнологического факультета и 185-летию подготовки специалистов аграрного профиля. Горки, 2025. С. 161-164.
8. Маркина Д.В., Милехина Н.В., Наумова М.П. Влияние биопрепаратов на формирование урожая люпина узколистного в Брянской области // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XXII междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Заслуженного работника сел. хоз-ва РСФСР, заведующего Кокинским опорным пунктом НИЗИСНП, доцента кафедры плодово-овощеводства Брянского СХИ Александра Алексеевича Высоцкого и 85-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки РФ, д-ра с.-х. наук, проф., заведующего кафедрой общего земледелия и растениеводства Брянской ГСХА Владимира Феофановича Мальцева. Брянск, 2025. С. 138-144.
9. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. М.А. Федина. М.: Колос, 1989. 194 с.
10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

11. Милехина Н.В., Маркина Д.В. Влияние биопрепарата на формирование урожая люпина белого в условиях серых лесных почв // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XXI междунар. науч. конф. Брянск, 2024. С.134-138.

Информация об авторах:

Н.В. Милехина - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, milekhina_74@mail.ru.

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

Information about the authors:

N.V. Milyekhina - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy, Selection and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, milekhina_74@mail.ru.

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

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 08.10.2025, одобрена после рецензирования 14.11.2025, принята к публикации 28.11.2025.

The article was submitted 08.10.2025, approved after reviewing 14.11.2025, accepted for publication 28.11.2025.

© Милехина Н.В., Дьяченко В.В.

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.112.9:631.54

ПРОГРАММИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ - ОСНОВА РАЗРАБОТКИ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

**Николай Серафимович Шпилев, Владимир Ефимович Ториков,
Людмила Васильевна Лебедько, Константин Игоревич Горбачев**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В последние годы тритикале, как новая зерновая культура, получила наибольшее распространение во многих странах мира и в Российской Федерации. Селекционное обеспечение сортами тритикале сельскохозяйственных производителей проходит на достаточно высоком уровне. Согласно Государственного реестра селекционных достижений РФ, допущенных к использованию (2024 г.) имеется 38 сортов озимой и 17 сортов яровой тритикале. При проведении полевых исследований использовался сорт яровой тритикале Слово, допущенный к производственному использованию в 2022 году в Центральном и Волго-Вятском регионах. Основными исследуемыми факторами элементов интенсивной технологии её возделывания являются: норма высева семян и система удобрений, которая была рассчитана на основе агрохимической характеристики почвы при запланированном уровне урожайности 4,0 - 6,0 и 8,0 т/га при нормах высева - 3, 4 и 5 млн. всхожих семян на один гектар. Выявлено, что оптимальная норма высева семян при возделывании яровой тритикале сорта Слово составляет 4,0 млн. всхожих семян на один гектар. Установлена возможность достаточно точно рассчитывать систему удобрения для получения программируемой урожайности - 4,0; 6,0; 8,0 т/га. Доза вносимых удобрений составляет, соответственно: N-48,8; P₂O₅-5,7; K₂O-12,3, N-134,2; P₂O₅ - 30,3; K₂O - 53,3 и N-219,6; P₂O₅-55,3; K₂O - 94,3. Рассмотренные технологические приёмы позволяют получить высокую экономическую рентабельность, которая составляет при планируемой урожайности 4,0 т/га в среднем за два года 20,46%, при планируемой урожайности 6,0 т/га - 34,21% и при планируемой урожайности 8,0 т/га - 39,97%.

Ключевые слова: тритикале, сорт, интенсивная технология, норма высева, система удобрений, урожайность, производственная себестоимость, валовая прибыль, экономическая рентабельность.

Для цитирования: Программирование урожайности - основа разработки интенсивной технологии возделывания яровой тритикале / Н.С. Шпилев, В.Е. Ториков, Л.В. Лебедько, К.И. Горбачев // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 15-20.

Original article

YIELDS PROGRAMMING IS THE BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF INTENSIVE TECHNOLOGY FOR CULTIVATING SPRING TRITICALE

**Nikolai S. Shpilyev, Lyudmila V. Lebed'ko, Vladimir Ye. Torikov,
Konstantin I. Gorbachyev**

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. In recent years, triticale, as a new grain crop, has become widespread in many countries of the world and in the Russian Federation. The selection of triticale varieties for agricultural producers is at a fairly high level. According to the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation approved for use (2024), there are 38 winter and 17 spring triticale varieties. A variety of spring triticale "Slovo" was used in the field research, approved for industrial use in 2022 in the Central and Volga-Vyatka regions. The main studied factors of the intensive technology elements of its cultivation are: seeding rate and fertilization system, which was calculated on the basis of the soil agrochemical characteristics at a planned yields level of 4.0-6.0 and 8.0 t/ha at seeding rates of 3, 4, and 5 million viable seeds per hectare. It was revealed that the optimal seeding rate while cultivating spring triticale variety "Slovo" is 4.0 million viable seeds per hectare. The possibility to calculate a fertilizer system accurately enough to obtain a programmable crop yields of 4.0; 6.0; 8.0 t/ha was established. The dose of applied fertilizers is respectively: N-48.8; P₂O₅-5.7; K₂O-12.3, N-134.2; P₂O₅ - 30.3; K₂O - 53.3 and N-219.6; P₂O₅-55.3; K₂O - 94.3. The considered technological methods make it possible to obtain high economic profitability, which is 20.46% with a planned yields of 4.0 t/ha on average over two years, 34.21% with a planned yields of 6.0 t/ha, and 39.97% with a planned yields of 8.0 t/ha.

Keywords: triticale, variety, intensive technology, seeding rate, fertilizer system, yields, production cost, gross profit, economic profitability.

For citation: Yields Programming is the Basis for the Development of Intensive Technology for Cultivating Spring Triticale / Shpilyev N.S., Torikov V.Ye., Lebed'ko L.V., Gorbachyev K.I. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). pp. 15-20.

Введение. Тритикале представляет собой самостоятельный род *Triticosecale* семейства Мятликовые Poaceae. Наибольшее практическое применение представляют гексаплоидные формы. Сочетание положительных особенностей исходных форм (*Triticum* и *Secale*) позволило тритикале стать ценнейшей зерновой культурой, прежде всего по таким критериям как, потенциальная урожайность, биохимическая, биологическая и другим характеристикам.

В последние годы тритикале, как новая зерновая культура, получила наибольшее распространение в странах Западной Европы, особенно в Германии, Польше, Республике Беларусь. Вместе с тем, посевные площади в Российской Федерации незначительны и имеют тенденцию к снижению [1,2]. Селекционное обеспечение сортами тритикале сельскохозяйственных производителей проходит на достаточно высоком уровне. Согласно Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию (2024 г.) имеется 38 сортов озимой и 17 сортов яровой тритикале, при этом их «возраст» составляет соответственно 9,4 7,8 лет, что положительно их отличает по этому показателю в сравнении с другими зерновыми культурами [3].

Уникальная биохимическая и технологическая характеристика зерна тритикале определяют различные варианты его использования на продовольственные цели и для нужд животноводства. Это делает ее особо привлекательной культурой среди зерновых хлебов [4].

Поэтому разработка и совершенствование основных элементов технологии возделывания, адаптированных к условиям произрастания с учетом сортовой специфики, позволит полнее реализовать высокий генетический потенциал озимой тритикале, что является актуальным и имеет важное практическое значение [5].

Известно, что в комплексе агротехнических мероприятий, от которых в значительной степени зависит величина урожая и его качество, важная роль принадлежит подбору лучших сортов озимой и яровой тритикале, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям региона [6].

В Госреестр селекционных достижений включены сорта тритикале интенсивного типа. Эти сорта отличаются высокой и стабильной урожайностью, достаточной зимо-морозостойкостью, устойчивостью к полеганию и прорастанию зерна на корню (при своевременной уборке), хорошим качеством зерна.

В связи с внедрением в производство новых сортов тритикале, остается актуальной задачей изучение процесса формирования программированной урожайности зерна хорошего качества [7].

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований использовалась культура яровой тритикале сорта Слово, допущенного к использованию в Центральном регионе в 2022 году. Сорт относится к интенсивному типу зернового использования [4,5]. Географические координаты проведения исследований 52°29'47" северной широты, 34°46'50" восточной долготы.

Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая, хорошо окультуренная: гумус (по Тюрину) - 3,54%, содержание легкогидролизуемого азота - 13,2 мг/кг, подвижного фосфора P_2O_5 (по Кирсанову) - 36,1 мг/кг и калия K_2O (по Кирсанову) - 28,7 мг/кг, pH_{KCl} 6,2-6,5. Агрохимический анализ проводили по методам, принятым в агрохимической службе: pH_{KCl} - ионометрически (ГОСТ 24483-85), гумус - по Тюрину (ГОСТ 26213-74), содержание подвижного фосфора и калия определяли из одной вытяжки по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84).

Агрохимическое программирование в полевых опытах с различными по интенсивности технологиями проводили по методике М.К. Каюмова. Почвенную и листовую диагностику осуществляли в фазу кущения, выхода в трубку и колошения по методике В.В. Церлинг.

Фитосанитарную оценку состояния посевов проводили по общепринятым методикам НИИ защиты растений. Во время проведения исследований погодные условия были типичными для Брянской области. Наблюдалось достаточное атмосферное увлажнение и влаго- и теплообеспеченность.

В качестве предшественника использовали горохо-овсяную смесь на зерно. Программированная урожайность составляла - 4,0; 6,0; 8,0 т/га при норме высева 3,0; 4,0; 5,0 млн. всхожих семян на один гектар. Расчёт доз удобрений рассчитывался балансовым методом. Способ посева сплошной - СУ-3. Уборку проводили прямым способом при влажности зерна 15-16% комбайном Terrior 2010. Используемые семена питомника размножения второго года, полученного по авторской методике (патент №2558255) соответствовали 100% сортовой чистоте первого класса посевного стандарта. Семена протравливали перед посевом на всех вариантах препаратом Терция. На начальном этапе развития

опрыскивали двухкомпонентным системным фунгицидом с длительным периодом защиты Колось Про, КМЭ. Площадь опытных деленок составляла 50 м², повторность трёхкратная.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. Экономическую эффективность определяли методом сравнительного анализа.

Результаты исследований и их обсуждение. Для реализации поставленной цели был проведен расчёт доз внесения минеральных удобрений для получения планируемой урожайности зерна яровой тритикале сорта Слово.

В таблице 1 приведены расчетные нормы внесения минеральных удобрений под яровую тритикале сорта Слово для получения разных уровней планируемой урожайности зерна при возделывании ее на серой лесной среднесуглинистой хорошо окультуренной почве и дана рекомендуемая система удобрения.

Таблица 1 - Нормы внесения минеральных удобрений под яровую тритикале сорта Слово

| Уровень программируемой урожайности зерна, т/га | Расчетные нормы NPK, кг д.в./га | Система удобрения |
|---|---------------------------------|---|
| 4,0 | N49P6K12 | - предпосевное внесение N12P12K12 - азофоска (марка 16:16:16) в норме 0,75 ц/га (с небольшим запасом фосфора - P6); - подкормка весной (фаза кущения) - N37 -аммиачная селитра в норме 1,07 ц/га. |
| 6,0 | N134P30K53 | - предпосевное внесение N53P53K53 -азофоска (марка 16:16:16) в норме 3,31 ц/га (фосфор в запас - P23); - подкормка весной (фаза кущения) - N ₄₀ -аммиачная селитра в норме 1,16 ц/га; - подкормка (фаза выхода в трубку) - N41 -аммиачная селитра в норме 1,19 ц/га. |
| 8,0 | N220 P55K94 | - предпосевное внесение N94P94K94 -азофоска (марка 16:16:16) в норме 5,87 ц/га (фосфор в запас - P39); - подкормка весной (фаза кущения) - N63 -аммиачная селитра в норме 1,83 ц/га; - подкормка (фаза выхода в трубку) - N63 - аммиачная селитра в норме 1,83 ц/га. |

Установлено, что потребности яровой тритикале в элементах минерального питания несколько выше, чем у озимого тритикале, это обусловлено более высоким выносом их с урожаем яровых форм (табл. 2).

Таблица 2 - Требования в элементах минерального питания озимой и яровой тритикале при разных уровнях урожайности зерна

| Озимая тритикале сорт Форте | | Яровая тритикале сорт Слово | |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| урожайность зерна, т/га | доза NPK, кг д.в./га | урожайность зерна, т/га | доза NPK, кг д.в./га |
| 5,0 | N40P14K30 | 4,0 | N49P6K12 |
| 7,0 | N105P37K70 | 6,0 | N134P30K53 |
| 10,0 | N203P71K130 | 8,0 | N220P55K94 |

При принятии решения о проведении азотных подкормок посевов тритикале проводили тканевую диагностику в поле с помощью прибора ОП-2 «Церлинг», которая позволяет наиболее точно определить потребность растений в минеральном азоте и не допустить полегания посевов к уборке.

В результате исследования эффективности применения рекомендуемых норм высева и системы удобрений для получения запланированного уровня урожайности были получены следующие экспериментальные данные. Так, яровая тритикале сорта Слово при программированной урожайности 4,0 т/га за исследуемый период обеспечила максимальную урожайность при норме высева 4,0 млн. всхожих семян (табл. 3) Прогнозная урожайность культуры яровой тритикале сорта Слово на уровне 6,0 т/га показала максимальную урожайность зерна - 6,31 т/га.

При системе удобрений, рассчитанных под прогнозную урожайность 8,0 т/га максимальная средняя урожайность была получена при норме высева 4 млн. всхожих семян на 1 га в 2023 г. и составила 7,99 т/га

Таблица 3- Урожайность зерна яровой тритикале сорта Слово в зависимости от нормы высева семян (т/га)

| Норма высева семян | I | II | III | Среднее |
|--------------------------------|------|------|------|---------|
| Расчетная урожайность 4,0 т/га | | | | |
| 2022 г. | | | | |
| 3,0 | 4,03 | 4,08 | 3,95 | 4,02 |
| 4,0 | 4,27 | 4,29 | 4,24 | 4,30 |
| 5,0 | 4,16 | 4,08 | 4,17 | 4,14 |
| НСР _{0,05} | | | | 0,15 |
| 2023 г. | | | | |
| 3,0 | 4,20 | 4,18 | 4,09 | 4,16 |
| 4,0 | 4,41 | 4,32 | 4,27 | 4,33 |
| 5,0 | 4,22 | 4,21 | 4,19 | 4,21 |
| НСР _{0,05} | | | | 0,06 |
| Расчетная урожайность 6,0 т/га | | | | |
| 2022 г. | | | | |
| 3,0 | 5,87 | 5,81 | 5,88 | 5,84 |
| 4,0 | 6,29 | 6,23 | 6,27 | 6,26 |
| 5,0 | 5,97 | 6,02 | 5,99 | 5,95 |
| НСР _{0,05} | | | | 0,07 |
| 2023 г. | | | | |
| 3,0 | 5,98 | 6,10 | 6,00 | 6,03 |
| 4,0 | 6,25 | 6,37 | 6,33 | 6,32 |
| 5,0 | 6,20 | 6,30 | 6,22 | 6,24 |
| НСР _{0,05} | | | | 0,04 |
| Расчётная урожайность 8,0 т/га | | | | |
| 2022 г. | | | | |
| 3,0 | 7,79 | 7,83 | 7,80 | 7,81 |
| 4,0 | 7,92 | 8,01 | 7,99 | 7,97 |
| 5,0 | 7,83 | 7,89 | 7,80 | 7,84 |
| НСР _{0,05} | | | | 0,06 |
| 2023 г. | | | | |
| 3,0 | 7,81 | 7,82 | 7,85 | 7,83 |
| 4,0 | 8,02 | 7,98 | 7,99 | 7,99 |
| 5,0 | 7,80 | 7,86 | 7,81 | 7,88 |
| НСР _{0,05} | | | | 0,07 |

При анализе экономической эффективности возделывания яровой тритикале сорта Слово затраты на основное производство при рекомендуемых к применению технологиях различаются как в динамике, так и при разной системе удобрений.

При анализе экономической эффективности возделывания яровой тритикале сорта Слово затраты на основное производство при рекомендуемых к применению технологиях различаются как в динамике, так и при разной системе удобрений.

Максимальные затраты на производство изучаемого сорта приходятся при системе удобрений N220P55K94 при всех нормах высева. Рост затрат в динамике связан с изменением цен на удобрения, средства защиты, ГСМ. Для определения стоимостных показателей нам были использованы рыночные закупочные цены, сложившиеся в данный период. Производственные затраты на 1га и себестоимость продукции были рассчитаны на основании технологических карт, составленных по применяемым технологиям.

Как видно из представленных расчётов, максимальные затраты на производство сорта Слово при различных нормах высева были получены при системе удобрений N220P55K94 в 2023 г. и прогнозной урожайности - 8,0 т/га.

Экономическая эффективность технологий возделывания яровой тритикале отражена через такие показатели, как производственные затраты, выручка, прибыль от продаж, операционная рентабельность.

Таблица 4 - Анализ затрат на производство зерна при рекомендуемых к применению технологий, руб.

| Система удобрения и уровень программируемой урожайности | 2022 г. | 2023 г. | Темп прироста, % |
|---|---------|---------|------------------|
| Норма высева 3 млн. всхожих семян на 1 га | | | |
| N49P6K12 урожайность 4,0 т/га | 34919 | 35449 | 101,51 |
| N134P30K53 урожайность 6,0 т/га | 42676 | 43539 | 102,02 |
| N220P55K94 урожайность 8,0 т/га | 50501 | 51699 | 102,37 |
| Норма высева семян 4 млн всхожих семян на 1 га | | | |
| N49P6K12 урожайность 4,0 т/га | 36506 | 36690 | 100,50 |
| N134P30K53 урожайность 6,0 т/га | 44160 | 44677 | 101,17 |
| N220P55K94 урожайность 8,0 т/га | 51985 | 52837 | 101,64 |
| Норма высева семян 5 млн всхожих семян на 1 га | | | |
| N49P6K12 урожайность 4,0 т/га | 37492 | 37676 | 100,49 |
| N134P30K53 урожайность 6,0 т/га | 45146 | 45663 | 101,14 |
| N220P55K94 урожайность 8,0 т/га | 52971 | 53672 | 101,32 |

Таблица 5 - Анализ эффективности технологии выращивания яровой тритикале сорта Слово при различных нормах высева и системе удобрений под планируемый уровень урожайности

| Показатель | Норма высева, млн. всхожих семян | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|
| | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| Планируемая урожайность 4,0 т/га | | | |
| 2022 г. | | | |
| Выручка, руб. | 52260 | 55900 | 53820 |
| Прибыль, руб. | 17341 | 19394 | 16328 |
| Рентабельность пр-ва зерна, % | 33,18 | 34,69 | 30,34 |
| 2023 г. | | | |
| Выручка, руб. | 41560 | 43330 | 42130 |
| Прибыль, руб. | 6111 | 6640 | 4454 |
| Рентабельность пр-ва зерна, % | 14,70 | 15,32 | 10,57 |
| Программируемая урожайность 6,0 т/га | | | |
| 2022 г. | | | |
| Выручка, руб. | 75959 | 81419 | 77389 |
| Прибыль, руб. | 33283 | 37259 | 32243 |
| Рентабельность пр-ва зерна, % | 43,82 | 45,76 | 41,66 |
| 2023 г. | | | |
| Выручка, руб. | 60270 | 63160 | 62400 |
| Прибыль, руб. | 16731 | 18483 | 16737 |
| Рентабельность пр-ва зерна, % | 27,76 | 29,26 | 26,82 |
| Программируемая урожайность 8,0 т/га | | | |
| 2022 г. | | | |
| Выручка, руб. | 101491 | 103649 | 101920 |
| Прибыль, руб. | 50990 | 51664 | 48949 |
| Рентабельность пр-ва зерна, % | 49,85 | 50,24 | 48,03 |
| 2023 г. | | | |
| Выручка, руб. | 78260 | 79960 | 78830 |
| Прибыль, руб. | 26561 | 27123 | 25158 |
| Рентабельность пр-ва зерна, % | 33,92 | 33,94 | 31,91 |

Из данных, приведённых в таблице 5 видно, что уровень рентабельности производства зерна более высокий при норме высева 4,0 млн. всхожих семян.

Обобщая исследования, следует сделать вывод, что наиболее рентабельной является технология при системе удобрений N134P30K53 и норме высева 4 млн. всхожих семян на 1 гектар.

Выводы.

1. Для получения урожайности яровой тритикале сорта Слово в объёме 6,0 т/га необходимо использовать установленную систему удобрений N134P30K53 по следующей схеме: предпосевное внесение N53P53K53 -азофоска (марка 16:16:16) в норме 3,31 ц/га (фосфор в запас - P23); подкормка весной (фаза кущения) - N40 -аммиачная селитра в норме 1,16 ц/га; подкормка (фаза выхода в трубку) - N41 -аммиачная селитра в норме 1,19 ц/га.

2. Для получения урожайности яровой тритикале сорта Слово в объёме 4,0 т/га необходимо использовать установленную систему удобрений N49P6K12 по следующей схеме: предпосевное внесение N12P12K12 - азофоска (марка 16:16:16) в норме 0,75 ц/га (с небольшим запасом фосфора - P6); подкормка весной (фаза кущения) - N37 -аммиачная селитра в норме 1,07 ц/га.

3. Производство яровой тритикале сорта Слово рентабельно при всех рекомендованных технологиях.

Список источников

1. Медведев А.М., Горянина Т.А., Нардид А.В. Агробιοлогическая характеристика нового сорта озимой тритикале Арктур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 2 (38). С. 154-157.
2. Асеева Т.А. Асеева Т.А., Зенкина К.В. Экологическая устойчивость тритикале к неблагоприятным факторам окружающей среды // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 1 (54). С. 49-59.
3. Зенкина К.В. Асеева Т.А. Продуктивность пшеницы и тритикале яровых форм в зоне рискованного земледелия // Вестник РАСХН. 2023. № 3. С. 13-15.
4. Лапшин Ю.А., Максимов В.А., Золотарева Р.И. Влияние агроклиматических условий и минерального питания на зерновую продуктивность ярового тритикале в условиях Республики Марий Эл // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 3. С. 307-317.
5. Совершенствование схемы первичного семеноводства озимой тритикале / К.И. Горбачев, Н.С. Шпилев, Л.В. Лебедько, О.А. Зайцева // Зернобобовые и крупяные культуры. 2024. № 4 (52). С. 178-183.
6. Использование тритикале в кормопроизводстве / Н.С. Шпилев, Л.В. Лебедько, С.И. Шепелев и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 12. С. 54-60.
7. Тори́ков В.Е., Белоус Н.М., Мельникова О.В. Агрохимические и экологические основы адаптивного земледелия. СПб.: Изд-во «Лань», 2025. 228 с.

Информация об авторах:

Н.С. Шпилев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрономии селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, shpilev.ns@yandex.ru.

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

Л.В. Лебедько - старший преподаватель кафедры экономики и менеджмента, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

К.И. Горбачев - аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

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

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

L.V. Lebed'ko - Senior Lecturer of the Department of Economics and Management, Bryansk State Agrarian University.

K.I. Gorbachyev - Postgraduate Student of the Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

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

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

Статья поступила в редакцию 12.10.2025, одобрена после рецензирования 15.11.2025, принята к публикации 21.11.2025.

The article was submitted 12.10.2025, approved after reviewing 15.11.2025, accepted for publication 21.11.2025.

© Шпилев Н.С., Тори́ков В.Е., Лебедько Л.В., Горбачев К.И.

Научная статья

УДК 581.1.03

К ВОПРОСАМ О ВЛИЯНИИ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

¹Владимир Ефимович Ториков, ¹Владимир Анатольевич Погонишев,¹Дина Алексеевна Погонишева, ²Павел Сергеевич Ковалёв¹ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия²Российская таможенная академия, Московская область, г. Люберцы, Россия

Аннотация. В настоящее время в мире динамично растет спрос на экологически чистую продукцию. Российская Федерация наращивает поставки агропродовольствия на внешние рынки, демонстрирует экспортно-ориентированное производство зерна, расширяет географию его сбыта. В последнее время присутствует отрицательная динамика сборов урожая зерновых культур. Для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур необходимо высокое качество посевного материала и его эффективная предпосевная подготовка. За минувший год доля отечественных семян составила более 60 %, а к 2030 г. их уровень должен составлять не менее 75 %. Предпосевная обработка семян сельхозкультур производится с целью стимулирования ростовых процессов, защиты растений от болезней и повышения устойчивости к ним. Традиционные способы обработки семян растений перед началом посева характеризуются высокой трудоемкостью, большой продолжительностью технологических операций, значительными финансовыми затратами, энергозатратностью, металлоемкостью оборудования и др. Вследствие этого важен поиск, обоснование и внедрение более совершенных технологий обработки посевного материала с целью повышения его посевных качеств. В работе рассмотрены способы повышения посевных качеств культур посредством воздействия на них электрическим током, магнитным полем, лазерным излучением, переменным электромагнитным полем промышленной частоты. На основе анализа методов электрообработки семян культурных растений авторами определены наиболее перспективные из них для последующей разработки.

Ключевые слова: экспорт, импорт, ФТС, электрический ток, магнитное поле, лазерное излучение, переменное электромагнитное поле промышленной частоты, растениеводство, качество семян, посевные свойства.

Для цитирования: К вопросам о влиянии физических факторов на продуктивность сельскохозяйственных растений / В.Е. Ториков, В.А. Погонишев, Д.А. Погонишева, П.С. Ковалев // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 21-25.

Original article

ON THE ISSUES OF PHYSICAL FACTORS INFLUENCE ON CROP PRODUCTIVITY

¹Vladimir Ye. Torikov, ¹Vladimir A. Pogonyshev, ¹Dina A. Pogonysheva, ²Pavel S. Kovalyev¹Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia²Russian Customs Academy, Moscow Region, Lyubertsy, Russia

Abstract. Currently, the world's demand for green products is growing rapidly. The Russian Federation is increasing its exports of agricultural products, demonstrating export-oriented grain production, and expanding its sales geography. However, there has been a recent decline in grain harvests. To achieve high and stable crop yields, high-quality seeds and effective pre-sowing preparation are necessary. Over the past year, the share of domestic seeds has exceeded 60%, and by 2030, it should reach at least 75%. Pre-sowing treatment of crop seeds is performed to stimulate growth processes, protect plants from diseases, and increase their resistance. Traditional methods of seed treatment before sowing are characterized by high labor intensity, long process operations, significant financial costs, energy consumption, metal content of equipment, etc. As a result, it is important to search for, substantiate and implement more advanced technologies for processing seed material in order to improve its sowing qualities. The paper discusses methods of improving the sowing qualities of crops by exposing them to electric current, magnetic fields, laser radiation, and alternating electromagnetic fields of industrial frequency. Based on the analysis of methods of electric treatment of crop seeds, the authors have identified the most promising ones for further development.

Keywords: export, import, FCS, electric current, magnetic field, laser radiation, alternating electromagnetic field of industrial frequency, crop production, seed quality, sowing properties.

For citation: On the Issues of Physical Factors Influence on Crop Productivity / Torikov V.Ye., Pogonyshev V.A., Pogonysheva D.A., Kovalyev P.S. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). pp. 21-25.

Введение. Россия, сталкиваясь с глобальными вызовами и угрозами, осуществляет структурную перестройку внешнеэкономических связей, стремится к обеспечению технологического суверенитета и повышению конкурентоспособности российских товаров, включая продовольствие. Внешняя торговля играет ключевую роль в экономике России, так как определяет ее экономический и политический вес на мировой арене. При росте несырьевого экспорта в условиях диверсификации в 2024 г. зафиксировано увеличение объемов продовольствия почти на 11% благодаря господдержке, развитию производственных мощностей и расширению рынков сбыта. По данным ФТС России, за период январь-май 2025 г. экспорт продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья (кроме текстильного) составил около 15 млрд долл. В конце 2024 г. Таможенная подкомиссия РФ одобрила квоту на экспорт пшеницы в размере 11 млн т на период с 15 февраля по 30 июня 2025 г. РФ является одним из ключевых мировых производителей зерна. В сезоне 2023-2024 гг. Россия заняла второе место в мире по производству овса (17,2%), ржи (14,6%) и ячменя (14,4%), четвертое место по производству пшеницы (11,6%), девятое место по производству кукурузы (1,4%). [1-3]

По данным Российского зернового союза (РСЗ), если ранее пшеница отгружалась в 65 стран, то сейчас только в 50. За период 2020-2024 гг. вектор внешней торговли РФ агропродовольственной продукцией направлен на ряд стран Азии, Ближнего Востока и Африки, в том числе благодаря созданию общего рыночного пространства с государствами-членами Евразийского экономического союза (ЕАЭС), заключению региональных торговых соглашений. Для данных регионов характерен рост численности населения и, как следствие, повышение спроса на продовольствие. К наиболее крупным импортерам относятся Китай, ОАЭ, Турция, представляющие собой перспективные направления для развития экспорта [4-6]. По данным Росстата, для зерновых культур наблюдается преимущественно отрицательная динамика, кроме сбора риса. Объем сбора зерна в России в 2024 г. в сравнении с 2023 г. снизился на 13% и составил около 125 млн т прежде всего в связи с неблагоприятными погодными условиями. Из общего объема зерна почти 83 млн т это пшеница, озимая пшеница - около 57 млн т, яровая - около 26 млн т. С 1 июля 2025 г. за рубеж было поставлено более 7 млн т зерна. Объем экспорта во втором полугодии 2025 г., как ожидает Минсельхоз, составит около 33 млн т и общий объем экспорта зерновых в текущем сельхозгоду достигнет 40 млн т. Минсельхоз сохраняет прогноз по сбору зерна в 2025 г. на уровне 135 млн т. По состоянию на 2024 г. в России насчитывается более 13,6 тыс. зернопроизводящих организаций, из них наибольшее количество функционируют в Ставропольском крае. В соответствии с указом президента РФ к 2030 г. планируется нарастить экспорт продукции АПК в денежном выражении до уровня в 55 млрд долл., в приоритете экспортно-ориентированное инновационное высокотехнологичное производство зерна.

Результаты и обсуждение. Согласно официальным данным, около 30 % мирового зерна и зернобобовых культур заражено патогенной микрофлорой. В партиях пшеницы, особенно свежесобранной, имеется значительное количество микроорганизмов, насекомых и клещей. Эти вредители способны при благоприятных условиях паразитировать и пагубно влиять на зерно, сокращая в нём количество сухого вещества, загрязняя, а также отравляя его токсинами своей жизнедеятельности. Ежегодно только на долю гельминтоспориозной пятнистости приходится до 20,0 % и более потерь урожая зерновых в Центрально-Черноземном, Центральном, Поволжском районах. Зараженность зерна вредителями и болезнями сказывается на его дальнейшей переработке в пищевой промышленности. В результате выборочных проверок качества хлеба и муки во всех областях России Госторгинспекцией установлено, что 21,0 % муки не пригоден для выпечки хлеба.

В последние годы в растениеводстве растет интерес к инновациям, чему способствует спрос на экологически чистую продукцию. С августа 2025 года в России действуют новые правила госконтроля качества и безопасности зерна, допускающие дистанционные проверки через видеосвязь и приложение «Инспектор». С 1 сентября 2024 года обязательна работа в ФГИС «Семеноводство», обеспечивающей прослеживаемость семян и связанной с «АгроСемЭксперт», таможенной, налоговой и ЕСИА. ФГИС «Зерно» контролирует перемещение зерновых и масличных культур. В 2025 году Россельхознадзор проведет мониторинг пшеницы в 68 регионах по ключевым показателям качества. С 2026 года субсидии на элитное семеноводство будут выделяться только на отечественный семенной материал; его доля уже превышает 60%, при целевом уровне не менее 75% по Доктрине продовольственной безопасности.

Растениеводство, обеспечивая экономическую и продовольственную безопасность страны, опирается на использование ГИС, интернета вещей, цифровых двойников, машинного обучения и компьютерного зрения, агродронов, больших данных и др. [7-9]. Селекционную работу ускоряет внедрение в практику цифровых решений, искусственного интеллекта (ИИ). По мнению экспертов, цифровая селекция позволяет значительно сократить срок создания гибридов по заданным параметрам с 8 до 3-4 лет. Потенциал для внедрения digital-технологий велик. ИИ можно использовать для подбора

оптимальных сочетаний родительских линий без вмешательства в ДНК, сокращая сроки адаптации сортов к различным агрометеорологическим условиям.

Брянская область обладает уникальными природными условиями для возделывания полевых культур. В структуре валового регионального продукта вклад сельского хозяйства приближается к уровню 30 %. В структуре посевов зерновые и зернобобовые культуры занимают около 32%, кормовые и технические культуры - соответственно около 42% и 19%. Регион входит в пятерку лучших в стране по урожайности зерновых культур, в том числе благодаря научным исследованиям ученых БГАУ. В области внедряются ресурсосберегающие технологии, их доля в зернопроизводстве превышает 90 %. Происходит преобразование растениеводства в высокотехнологичную и наукоемкую отрасль. Ключевым звеном в растениеводстве служит семеноводство. В регионе функционирует - элитно-семеноводческое хозяйство по зерновым культурам СПК «Союз» (Севский район). Потенциальная продуктивность возделываемых сортов зависит от качества семенного материала, оказывающих пролонгированное влияние на урожайность зерновых культур.

Фитосанитарная оценка состояния производственных посевов озимой пшеницы в СПК «Союз» показала, что после проведения защитных мероприятий в посевах озимой пшеницы количество вредных объектов на растениях было значительно ниже. Так, наиболее эпифитотийным был вегетационный период 2022 года, до химической обработки посевов процент распространения септориоза листьев в мае колебался от 25-65, мучнистой росы - 30-60%, имелись единичные пятна бурой ржавчины на листьях. В период 2023 и 2024 гг. эти показатели были ниже и составляли от 10 до 15% и от 25-35%, соответственно. Проведение фунгицидных обработок препаратами системного действия снизило распространения септориоза и бурой ржавчины на 90-95 %.

Наибольшее количество вредных объектов на посевах озимой пшеницы отмечено в 2023 году. В апреле выявлено наибольшее количество злаковых мух- 115 экз. на 100 взмахов сочка, а в мае - трипсов до 38 экз. на 100 взмахов сочка. Применение в технологии возделывания озимой пшеницы инсектицидной обработки снизило количество вредных объектов в посевах до 80% и более.

Технологические приемы обработки семян помогают вывести их из состояния покоя, ускоряют ростовые процессы и обеспечивают ранние дружные всходы. Основные методы предпосевной обработки: химический, физический и биологический. Чаще всего используют химический, применяя регуляторы роста, элементы питания и пестициды, но он может приводить к экологическим рискам, накоплению токсинов и требует затрат. Биологический метод основан на применении гиперпаразитов и антагонистов, которые усиливают собственную защиту растений и повышают их устойчивость к болезням. Физический метод включает физико-механические, фотоэнергетические, радиационные и электрофизические воздействия; фотоэнергетические технологии (УФ, ИК, лазер) дают нестабильные результаты и распространены ограниченно.

В последние десятилетия распространение получают электрофизические способы предпосевной обработки семян, включающие аэроионизацию, ультразвук, магнитное поле, электрическое поле, электромагнитное поле, озонирование. Для получения озона генерируется импульсный коронный разряд. Обеззараживающие и стимулирующие свойства озono-воздушной смеси зависят от концентрации озона, влажности, температуры и запыленности. Этот способ обладает высокой производительностью, низкими затратами труда, экологичностью, простотой эксплуатации, однако вызывает повышенное окисление, приводящее к коррозии металлов в сельхозмашинах. [11-16]

Обработка семян сельскохозяйственных культур импульсным электрическим полем (ИЭП) в рациональном режиме, как показывают результаты исследований, дает хорошие результаты в борьбе с заражением семян патогенной микрофлорой, повышает энергию прорастания и всхожесть семян. Внедрению обработки зерна ИЭП в технологический процесс препятствуют недостаточная изученность рациональных режимов обработки, а также неполнота знаний о воздействии физических факторов на биологические объекты, отсутствие необходимой техники для контроля и регулирования процессов в рабочей камере при обработке семян. Интеграция методов обработки семенного материала призвана снизить действие вредных организмов до экономически неощутимого вреда сдерживанием патогенов на безопасном уровне с минимальными негативными воздействиями для окружающей среды. [12-14].

К эффективным методам предпосевной обработки семян относится их обработка переменным электромагнитным полем промышленной частоты (ПЭМПЧ), приводящая к получению высоких и устойчивых урожаев сельхозкультур за счет повышения полевой всхожести семян, ускорения темпов начального роста растений, усиления интенсивности корнеобразования и кущения, получения экологически чистой продукции. Исследованиями ученых Н.А. Артемьева, А.Н. Басова, А.П. Блонской, И.Ф. Бородина, С.И. Васильева, М.В. Жолобовой, Ф.Я. Изакова, А.С. Казаковой, С.Д. Кутис, Н.В. Ксенза, М.Т. Серёгиной, Г.П. Стародубцевой, М.А. Таранова, М.Ф. Трифионовой, В.Н. Шмигеля, Г.А.

Яснова и других доказано положительное влияние переменного электромагнитного поля на посевные и урожайные качества семян зерновых культур. Взаимодействие ПЭМППЧ и семенного материала является сложным ввиду того, что сам биообъект неоднороден по физическим параметрам (удельной электропроводностью, диэлектрической и магнитной проницаемостью). В зависимости от влажности и температуры биообъекты могут относиться к проводящим средам, полупроводящим или к диэлектрикам. Для практической реализации способа электромагнитной стимуляции семян рекомендуется создавать ПЭМППЧ в зоне их расположения.

Согласно исследованиям ученых, способ предпосевной обработки семян ПЭМППЧ 50 Гц является экономически выгодным. Применение ПЭМППЧ 50 Гц в установках с кольцевыми полюсными наконечниками позволяет увеличить энергию прорастания и всхожесть семян. При предпосевной обработке этим методом учитываются три фактора: расположение семян в рабочей камере, от которого зависит индукция магнитного поля, время обработки и влажность семян. Предпосевная обработка ПЭМППЧ 50 Гц не дает летальных доз для посевного материала, является весьма технологичным и автоматизируемым процессом, который дозируется, является экологически чистым видом обработки и стыкуется с применяемыми в настоящее время агроприемами. Немаловажным является и то, что растения, выросшие из обработанных семян, не имеют в дальнейшем патологических изменений и индуцированных мутаций. По данным ученых, предпосевная обработка семян ярового ячменя разных сортов, репродуцированных в разные по гидротермическому режиму периоды вегетации растений годы, дает положительный эффект при их стимуляции в течение 20, 40, 60 с в электрическом поле переменного напряжения промышленной частоты напряженностью 5 кВ/см. Максимальный эффект этой обработки проявляется на 5-е сутки после экспозиции. Из изученных режимов обработки максимальное значение прибавки энергии прорастания и всхожести семян дал вариант 40 с. В среднем по всем изученным сортам за разные годы их репродуцирования увеличение энергии прорастания составило 18%, а всхожести 12,7%. Предпосевную обработку семян ярового ячменя ПЭМППЧ независимо от года и сорта репродуцирования можно проводить в течение 40 с при напряженности электрического поля 5 кВ/см. [16]

На основе анализа электротехнологий для предпосевной обработки семян зерновых культур нами предложена установка, работающая от сети. Предварительные результаты экспериментов демонстрируют положительный эффект воздействия ПЭМППЧ на посевные свойства семенного материала.

Выводы. Предложенные исследователями эффективные способы стимулирующей предпосевной обработки семенного материала с использованием физических методов являются экологически безвредными, менее затратными. Наиболее устойчивый и положительный эффект оказывает действие электромагнитного поля на семена.

Список источников

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://rosstat.gov.ru/>.
2. Федеральная таможенная служба Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://customs.gov.ru/>.
3. https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Зерновые_культуры_%28рынок_России%29
4. Торговые соглашения Евразийского экономического союза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://eec.eaeunion.org/comission/departement/dotp/torgovye-soglasheniya/>.
5. Федеральный центр развития экспорта продукции АПК Минсельхоза России (Агроэкспорт) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://aemcx.ru/>
6. Соколов С.Л. Прогноз развития российского экспорта зерна и зернопродуктов на период до 2030 г. [Электронный ресурс]. // Продовольственная политика и безопасность. 2025. Т. 12, № 3. – Режим доступа: <https://1economic.ru/lib/123763>.
7. Погоньшев В.А., Ториков В.Е., Погоньшева Д.А. Вопросы совершенствования инженерно-технологической обеспеченности АПК в условиях цифровизации // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 3 (97). С. 51-59.
8. Issues of digital transformation of agriculture / V.E. Torikov, V.A. Pogonyshchev, D.A. Pogonyshcheva et al. // Innovative technologies in agriculture: AIP conference proceedings. International Scientific and Practical Conference. 2023. Vol. 2921, Issue 1. AIP Publishing. С. 080001.
9. Resource economy in agriculture / V.A. Pogonyshchev, V.E. Torikov, I.A. Mokshin, D.A. Pogonyshcheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. Smolensk, 2021. Ser. 3. С. 032035.

10. Теоретические основы влияния физических факторов на продуктивность растений / М.Ф. Трифонова, О.В. Бляндур, А.М. Соловьёв и др. // Известия международной академии аграрного образования. 2010. № 9. С. 4-8.

11. Каранфил В.Г., Маслоброд С.Н., Трифонова М.Ф. Влияние энергоинформационных программных блоков на посевные качества семян и продуктивность растений // Известия международной академии аграрного образования. 2011. № 12. С. 4-6.

12. Рабочая камера с вертикальным расположением электродов для обработки семян импульсным электрополем / Г.П. Стародубцева, Н.А. Окашев, С.И. Любая и др. // Сельский механизатор. 2025. № 6. С. 19-21.

13. Рациональный режим обработки импульсным электрополем ботанических семян картофеля / Г.П. Стародубцева, Н.А. Окашев, Е.И. Рубцова, И.В. Деведеркин // Сельский механизатор. 2024. № 10. С. 30-32.

14. Определение рационального режима обработки семян импульсным электрополем / Г.П. Стародубцева, Н.А. Окашев, С.И. Любая и др. // Сельский механизатор 2023. № 4. С. 18-19.

15. Ерохин А.И. Применение низкочастотного электромагнитного поля для предпосевной обработки семян гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 2 (42). С. 66-73.

16. Казакова А.С., Донцова В.Ю., Юдаев И.В. Применение электротехнологий для предпосевной обработки семян ярового ячменя. Ч. 1. Установление оптимального режима воздействия электрического поля переменного напряжения промышленной частоты на семена // Вестник аграрной науки Дона. 2021. № 2 (54). С. 36-42.

Информация об авторах:

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

В.А. Погonyшев - доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Д.А. Погonyшева - доктор педагогических наук, профессор кафедры информатики, информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

П.С. Ковалев - магистрант, Российская таможенная академия.

Information about the authors:

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

V.A. Pogonyshev - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation, Physics, and Mathematics at the Bryansk State Agrarian University.

D.A. Pogonysheva - Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Computer Science, Information Systems, and Technologies at the Bryansk State Agrarian University.

P.S. Kovalyev - graduate student at the Russian Customs Academy.

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 02.10.2025, одобрена после рецензирования 05.11.2025, принята к публикации 11.11.2025.

The article was submitted 02.10.2025, approved after reviewing 05.11.2025, accepted for publication 11.11.2025.

© Ториков В.Е., Погonyшев В.А., Погonyшева Д.А., Ковалев П.С.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

**ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ
 И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА
 (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья

УДК 636.22/.28.087.72

**ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛА И МЕРГЕЛЕСЫВОРОТОЧНОЙ ДОБАВКИ В ПОВЫШЕНИИ
 ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Андрей Николаевич Гулаков, Елена Александровна Лемеш
 ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация: Минеральное питание обеспечивает не только высокую продуктивность, но и здоровье животных. При несбалансированности минерального состава рациона не эффективно используются нормированные факторы питания, что приводит к существенному снижению продуктивности и ухудшению качества продукции. В статье приводятся результаты исследований использования природного минерала - мергеля и мергелесывороточной добавки в рационах молодняка крупного рогатого скота до шестимесячного возраста. Мергель в своем составе содержит макро- и микроэлементы. В кормлении сельскохозяйственных животных молочная сыворотка из-за высокого содержания минеральных солей используется ограниченно, поэтому целесообразно использовать сухую молочную деминерализованную сыворотку. Для проведения исследования по принципу пар-аналогов было сформировано 4 группы животных, в первом научно-хозяйственном опыте количество телят составило по 11 голов в каждой группе и по 10 голов во втором опыте. В опытные группы были подобраны телята месячного возраста. Продолжительность каждого опыта составила 150 дней. Кормление подопытных животных осуществлялось в соответствии с принятыми планами роста и нормами потребности в питательных веществах. Введение в состав рациона телят опытной группы мергеля в дозе четырех процентов от сухого вещества концентратной части рациона позволило увеличить среднесуточные приросты на 5,8 % в сравнении с животными контрольной группы. Использование мергелесывороточной добавки в соотношении двух процентов мергеля от сухого вещества концентратной части и четырех процентов сухой молочной деминерализованной сыворотки на 1кг сухого вещества рациона в смеси концентрированными кормами способствовало увеличению суточных приростов на 3,7% в сравнении с контролем.

Ключевые слова: мергель, мергелесывороточная добавка, молодняк крупного рогатого скота, среднесуточный прирост, рацион.

Для цитирования: Гулаков А.Н., Лемеш Е.А. Значение минерала и мергелесывороточной добавки в повышении продуктивности молодняка крупного рогатого скота // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 26-30.

Original article

**IMPORTANCE OF MINERAL AND MARL-WHEY ADDITIVE IN
 THE PRODUCTIVITY OF YOUNG CATTLE**

Andrey N. Gulakov, Yelena A. Lemesh
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract: Mineral nutrition ensures not only high productivity, but also animal health. When the mineral composition of the diet is unbalanced, the normalized nutritional factors are not used effectively, which leads to a significant decrease in productivity and a deterioration in the quality of products. The article presents the results of researches on the use of natural mineral marl and marl-whey additive in the diets of young cattle up to six months of age. The marl contains macro- and microelements. Due to the high content of mineral salts, whey is used to a limited extent in the feeding of farm animals, therefore it is advisable to use dry demineralized milk whey. To do the research, four groups of animals were formed using the analog-pair principle. In the first scientific and farm experiment, the number of calves in each group was 11, and in the second one -10 calves. The month-old calves were selected for the experimental groups. Each experiment lasted 150 days. The experimental animals were fed according to established growth plans and nutrient requirements. The introduction of marl at a dose of four percent into the diet of calves of the experimental

group of the dry matter of the concentrated part of the diet increased the average daily gains by 5.8% compared with the animals of the control group. The use of a marl-whey additive in a ratio of two percent marl from the dry matter of the concentrate portion and four percent dry milk demineralized whey per 1 kg of dry matter in the diet mixture with concentrated feed increased daily gains by 3.7% compared to the control.

Keywords: marl, marl-whey additive, young cattle, average daily gain, diet.

For citation: Gulakov A.N., Lemesh E.A. Importance of mineral and marl-whey additive in increasing the productivity of young cattle // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). pp. 26-30.

Введение. С высоким темпом развития скотоводства в Брянской области и в России в целом, уделяется большое внимание организации полноценного кормления животных. Обеспечение потребности животных в обменной энергии, протеине, минеральных и биологически активных веществах тесно связано с получением высокой продуктивности с минимальными затратами кормовых средств на единицу получаемой продукции [1-5]. Качество кормов является основополагающим фактором повышения продуктивности скота. Существует тесная взаимосвязь между природно-климатическими условиями возделывания кормовых культур, минеральным составом почвы, технологией заготовки растительных кормов. Нарушение этой взаимосвязи приводит к получению кормов с недостающим уровнем, как по основным питательным веществам, так и по минеральным. Скармливание низкого качества кормов продуктивным животным ведет к существенному перерасходу кормовых средств. При этом ухудшается переваримость питательных веществ рациона, способствующая снижению прироста живой массы, нарушению воспроизводительной функции, недостатку минеральных элементов, необходимых для нормальной жизнедеятельности организма животных, приводящего к возникновению заболеваний, связанных с нарушением минерального обмена [6-8].

Для балансирования рационов кормления животных по соответствующим минеральным элементам применяются различные минеральные, комплексные витаминно-минеральные добавки. В качестве основного компонента в состав большинства добавок, используемых в кормлении, входят природные минералы местного происхождения, такие как мергель, трепел, цеолит и др. [9-11].

В кормлении сельскохозяйственных животных используется молочная сыворотка, которая являясь побочным продуктом переработки молока, может быть ценным и доступным ресурсом для повышения рентабельности животноводства. При грамотном и дозированном использовании она способна значительно улучшить здоровье, продуктивность животных и снизить затраты корма. Из-за высокого содержания минеральных солей в молочной сыворотке в кормлении сельскохозяйственных животных используют сухую молочную деминерализованную сыворотку [12-14].

В сельскохозяйственных предприятиях Брянской области была проведена серия исследований по изучению применения минерала местного природного происхождения мергеля в рационах кормления разных видов животных с целью восполнения недостатка минеральных веществ. В состав используемого мергеля входят макроэлементы (кальций, фосфор, магний, калий), а также в незначительных концентрациях микроэлементы (марганец, железо, цинк, кобальт, йод). Химический состав мергеля неоднороден и варьируется в зависимости от географического места залегания и глубины его слоев в почвенном профиле [15].

Материал и методы исследования. Для оценки целесообразности применения мергеля в качестве минеральной добавки в рационах молодняка крупного рогатого скота был осуществлен научно-хозяйственный опыт, в условиях сельскохозяйственного предприятия Брянской области, продолжительностью 150 дней. Для проведения эксперимента были отобраны и сформированы четыре группы телят голштинизированной чёрно-пёстрой породы в возрасте одного месяца. Все отобранные животные в группах были аналогами, средняя живая масса составила 50,7 кг. Схема проведенного опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Схема первого научно-хозяйственного опыта

| Группа | Возраст при постановке на опыт, дней | Количество голов | Условия кормления |
|---------------|--------------------------------------|------------------|--|
| 1-контрольная | 30 | 11 | ОР (основной рацион) |
| 2-опытная | 30 | 11 | ОР + 2% мергеля от СВ* концентратной части рациона |
| 3-опытная | 30 | 11 | ОР + 4% мергеля от СВ концентратной части рациона |
| 4-опытная | 30 | 11 | ОР + 6% мергеля от СВ концентратной части рациона |

СВ* - сухое вещество

Характеризуя представленную схему опыта можно отметить, что телята контрольной группы получали основной рацион, принятый в хозяйстве. Животным второй опытной группы добавляли к основному рациону 2% мергеля от сухого вещества рациона, третьей и четвертой опытным группам - 4 и 6%, соответственно. Мергель вводился в состав концентрированной части рациона. В целом опыт был разбит на периоды, продолжительность каждого составила 30 дней. Контроль живой массы животных проводился в конце каждого периода опыта, соответственно определялись и среднесуточные приросты.

В качестве материала для выполнения второго научно-хозяйственного опыта были взяты сухая молочная деминерализованная сыворотка и мергелесывороточная добавка, в состав которой входил мергель и сухая молочная деминерализованная сыворотка в тех или иных пропорциях. Опыт был проведен в условиях того же хозяйства, что и первый. Схема второго научно-хозяйственного опыта приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Схема второго научно-хозяйственного опыта

| Группа | Возраст при постановке на опыт | Кол-во голов | Условия кормления |
|---------------|--------------------------------|--------------|---|
| 1-контрольная | 30-35 дней | 10 | ОР (основной рацион) |
| 2-опытная | | 10 | ОР + 2% мергеля от СВ концентратной части рациона + 4% СМДС* на 1кг СВ |
| 3-опытная | | 10 | ОР + 4% мергеля от СВ концентратной части рациона + 2% СМДС на 1кг СВ рациона |
| 4-опытная | | 10 | ОР + 6% СМДС на 1кг СВ рациона |

Примечание: здесь и далее СМДС*- сухая молочная деминерализованная сыворотка.

Опыт был разбит на 5 учетных периодов, длительностью 30 дней каждый. Продолжительность опыта составила 150 дней. По окончании проведения опыта животные достигли шестимесячного возраста.

В период проведения научно-хозяйственного опыта используемые в качестве материала сухая молочная деминерализованная сыворотка и мергелесывороточная добавка вводились в рацион в смешении с концентратами. По истечению каждого учетного периода опыта, животных подвергали взвешиванию. По полученным данным живой массы животных определялись среднесуточные приросты.

Результаты исследования. Изменения живой массы и среднесуточных приростов по периодам в первом научно-хозяйственном опыте представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Динамика изменений живой массы и среднесуточных приростов у молодняка крупного рогатого скота в первом научно-хозяйственном опыте

| Показатели | Группа | | | |
|------------------------------|---------------|--------------|---------------|------------|
| | 1-контрольная | 2-опытная | 3-опытная | 4-опытная |
| Живая масса, кг | | | | |
| в начале опыта | 50,4±0,64 | 50,6±0,77 | 50,8±0,72 | 50,8±0,75 |
| в конце опыта | 135,5±0,73 | 138,1±0,92 | 141,1±0,59*** | 136,6±0,92 |
| Среднесуточный прирост, г | | | | |
| 1 - период | 557,6±9,1 | 563,6±12,3 | 584,8±6,9* | 554,5±9,3 |
| 2 - период | 557,6±7,9 | 572,7±7,5 | 593,9±4,1** | 560,6±6,1 |
| 3 - период | 560,6 ± 6,1 | 582,0±5,3* | 597,0±7,04** | 563,6±7,04 |
| 4 - период | 572,7±4,07 | 593,9±6,06* | 612,1±6,78*** | 584,8±5,24 |
| 5 - период | 567,9±2,35 | 583,0±4,35 | 601,8±2,99 | 572,1±2,67 |
| В среднем за опыт, г | 567,9±2,35 | 583,0±4,35** | 601,8±2,99*** | 572,1±2,67 |
| % к контролю | 100,0 | 102,7 | 105,8 | 101,0 |
| Затраты ЭКЕ на 1 кг прироста | 5,24 | 5,11 | 4,95 | 5,2 |
| % к контролю | 100,0 | 97,52 | 97,47 | 99,24 |

Примечание: здесь и далее -**P≤0,01; ***P≤0,001

Полученные результаты среднесуточных приростов, свидетельствуют, что телята, которые получали дополнительно к основному рациону мергель, увеличивали живую массу гораздо интенсивнее их среднесуточные приросты были выше. У животных четвертой опытной группы среднесуточные приросты были выше на 1% в сравнении животными контрольной группы. У телят второй опытной группы, которым скармливали 2% мергеля и третьей опытной группы, которым скармливали 4 %

мергеля, среднесуточные приросты были достоверно выше на 2,7 и 5,8 %. Наивысшие среднесуточные приросты фиксировались у телят третьей опытной группы в четвертом и пятом периоде опыта.

Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста у животных опытных групп были ниже, чем у животных контрольной группы. Наименьшие затраты ЭКЕ на 1 кг прироста отмечались у животных 3-опытной группы, они были ниже на 2,53 % в сравнении с контролем.

Показатели живой массы и среднесуточных приростов подопытных животных во втором научно-хозяйственном опыте представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Динамика изменений живой массы и среднесуточных приростов у молодняка крупного рогатого скота за период второго научно-хозяйственного опыта

| Показатель | Группа | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1-контрольная | 2-опытная | 3-опытная | 4-опытная |
| Живая масса, кг | | | | |
| в начале опыта | 51,0±0,25 | 51,2±0,25 | 51,3±0,21 | 51,4±0,24 |
| в конце опыта | 136,0±0,39 | 137,5±0,35 | 140,0±0,24 | 138,7±0,24 |
| Среднесуточный прирост, г | | | | |
| 1 - период | 548,0±5,24 | 552,0±5,24 | 558,0±5,69 | 557,0±5,09 |
| 2 - период | 557,0±5,09 | 560,0±5,09 | 573,0±3,68 | 570,0±2,22 |
| 3 - период | 573,0±2,72 | 577,0±2,72 | 587,0±5,44 | 582,0±5,24 |
| 4 - период | 570,0±4,84 | 585,0±8,03 | 603,0±6,47 | 598,0±6,3 |
| 5 - период | 580,0±4,84 | 602,0±5,80 | 632,0±4,61 | 605,0±2,54 |
| В среднем за опыт, г | 566,0±1,49 | 575,0±1,33*** | 591,0±2,42*** | 582,0±1,65*** |
| % к контролю | 100,0 | 101,6 | 104,4 | 102,8 |
| Затраты ЭКЕ на 1 кг прироста | 5,1 | 5,3 | 5,0 | 5,4 |
| % к контролю | 100,0 | 103,92 | 98,04 | 105,88 |

Полученные данные о среднесуточных приростах телят в опытных группах свидетельствуют, что включение в состав концентратной части рациона мергелесывороточной добавки в любой из испытанных дозировок достоверно положительно влияют на увеличение среднесуточных приростов молодняка крупного рогатого скота. При этом наиболее эффективная дозировка мергелесывороточной добавки - 4% мергеля и 2 % сухой молочной деминерализованной сыворотки, которая способствовала увеличению среднесуточных приростов на 4,4 % по сравнению с аналогичным показателем у животных контрольной группы. Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста у животных 2 и 4-опытных групп были незначительно выше, чем в контрольной группе, а у телят 3-опытной группы наоборот отмечалось снижение данного показателя на 1,96%. Среднесуточные приросты при этом во всех трех группах были выше, чем в контроле.

Закключение. Таким образом, использование разных дозировок мергеля и мергелесывороточной добавки в составе рациона молодняка крупного рогатого скота до шестимесячного возраста положительно сказалось на увеличении среднесуточных приростов живой массы. Наиболее результативной явилась дозировка 4% мергеля от сухого вещества концентратной части рациона.

Использование мергелесывороточной добавки, в соотношении 4% мергеля от сухого вещества концентратной части рациона и 2% сухой молочной деминерализованной сыворотки на 1 кг сухого вещества рациона, в рационах молодняка крупного рогатого скота до шести месячного возраста достоверно повлияло на увеличение среднесуточных приростов на 4,4%, при одновременном снижении энергетических затрат на 1 кг их привеса.

Список источников

1. Будникова О.Н., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Особенности роста телят, рожденных от коров, получавших в составе кормосмеси энергетическую и минеральную добавки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2 (66). С. 170-175.
2. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Подольников В.Е. Влияние зерновой кормосмеси с добавкой смектитного трепела на продуктивность и использование азота у телят // Вестник аграрной науки. 2022. № 5 (98). С. 18-21.
3. Гамко Л.Н., Пилюгайцев Д.А. Использование в рационах смектитного трепела при выращивании телят молочного периода // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 6 (191). С. 3-15.

4. Овчинников А.А. Влияние комплексных кормовых добавок в рационе телят на физиологические процессы в организме // Дальневосточный аграрный вестник. 2024. Т. 18, № 2. С. 97-105.
5. Выращивание телят молочного периода с адаптированным уровнем минерального питания и добавкой фермента / А.А. Овчинников, Л.Ю. Овчинникова, Ю.В. Матросова, Е.Н. Еренко // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 1 (41). С. 46-52.
6. Влияние клиноптилолита на обмен веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота / М.Г. Чабаев, Р.В. Некрасов, Е.Ю. Цис и др. // Ветеринария. 2020. № 1. С. 38-43.
7. Легкоусвояемый концентрат для телят молочного периода / В.И. Передня, В.Ф. Радчиков, Е.Л. Жилич, А.А. Кувшинов // Наше сельское хозяйство. 2020. № 16 (240). С. 74-78.
8. Влияние энергетической кормовой добавки «Цеолфат» на рост и развитие телят / А.Р. Кашаева и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2020. Т. 241, № 1. С. 108-111.
9. Эффективность использования обменной энергии при скармливании минеральной добавки молодняку крупного рогатого скота / Л.Н. Гамко, О.С. Куст, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников // Конкурентоспособность и качество животноводческой продукции: сб. тр. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию зоотехнической науки Беларуси. Жодино, 2014. С. 165-169.
10. Соколова Е.И., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Эффективность применения сорбирующих добавок в рационах дойных коров в зоне радиоактивного загрязнения // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (63). С. 150-154.
11. Нетрадиционные кормовые добавки: сывороточно-минерально-витаминная смесь в рационе молодняка свиней на откорме / И.И. Сидоров, Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников // Свиноводство. 2021. № 6. С. 33-35.
12. Использование сухой молочной сыворотки в производстве гранулированных комбикормов / Л.И. Лыткина, Е.С. Шенцова, Е.Е. Курчаева, С.А. Переверзева // Хлебопродукты. 2020. № 4. С. 56-58.
13. Разработка экспериментальных стартеров для молодняка крупного рогатого скота на основе отходов пищевой промышленности / Н.В. Папуша, Д.К. Муратов, Я. Мичинский // 3i: Intellect, Idea, Innovation - интеллект, идея, инновация. 2024. № 3. С. 90-99.
14. Волкова Т.А. О методах деминерализации молочной сыворотки // Переработка молока. 2025. № 2 (304). С. 70-71.
15. Кармацких Ю.А., Костомахин Н.М. Минеральные добавки при выращивании молодняка крупного рогатого скота // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 10 (183). С. 33-37.

Информация об авторах:

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

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

Information about the authors:

A.N. Gulakov - Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry, and Livestock Processing, Bryansk State Agrarian University.

Ye.A. Lemesh - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry, and Livestock Processing, 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 12.09.2025, одобрена после рецензирования 11.10.2025, принята к публикации 20.10.2025.

The article was submitted 12.06.2025, approved after reviewing 11.10.2025, accepted for publication 20.10.2025.

© Гулаков А.Н., Лемеш Е.А.

Научная статья

УДК 636.22/.28.085.12

РЕТЕНЦИЯ АЗОТА, КАЛЬЦИЯ И ФОСФОРА В ОРГАНИЗМЕ ТЕЛЯТ В МОЛОЧНЫЙ ПЕРИОД ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОБИОТИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «БАЦИФОЛИН» И КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КРИПТОСТОП»

Геннадий Юрьевич Кондалеев, Анна Георгиевна Менякина

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация: В статье представлены результаты научно-хозяйственного опыта по изучению влияния пробиотического препарата «Бацифолин» и кормовой добавки «Криптостоп» на усвоение азота, кальция и фосфора у телят в молочный период. В пятидневном возрасте были сформированы одна контрольная и две опытные группы телочек голштинской черно-пестрой породы. Опытным группам ежедневно в течение тридцати дней выпаивали с молоком пробиотический препарат «Бацифолин» в двух дозировках, первой опытной группе по 22 гр. в сутки и кормовую добавку «Криптостоп» 10 мл. в сутки, второй опытной группе по 26 гр. в сутки и кормовую добавку «Криптостоп» 10 мл. в сутки. Содержание, кормление соответствовали зоогигиеническим требованиям для данной половозрастной группы животных. В результате исследований нами установлено, что пробиотический препарат «Бацифолин» в дозировке 26 гр. в сутки в комбинации с кормовой добавкой «Криптостоп» в дозировке 10 мл. в сутки способствовали лучшей переваримости азота корма (+15,6%), а положительный баланс азота - на 10,3% больше по сравнению с контрольной группой, переваримость кальция на 1,99 гр., (+33,1%), а его баланс - на 63,6%, переваримость фосфора на 1,02 гр. (+20,6%), а его баланс - на 36,5%, по сравнению с контрольной группой. Доказано, что ретенция азота, кальция и фосфора в теле телят молочного периода повысилась за счет более эффективного их использования при включении в рацион испытываемых добавок в указанной суточной дозировке.

Ключевые слова: ретенция, пробиотик, «Бацифолин», кормовая добавка, «Криптостоп», телята молочники, азот, кальций, фосфор.

Для цитирования: Кондалеев Г.Ю., Менякина А.Г. Ретенция азота, кальция и фосфора в организме телят в молочный период под влиянием пробиотического препарата «Бацифолин» и кормовой добавки «Криптостоп» // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 31-35.

Original article

NITROGEN, CALCIUM, AND PHOSPHORUS RETENTION IN CALVES DURING THE LACTATION PERIOD UNDER THE INFLUENCE OF PROBIOTIC PREPARATION "BATSIFOLIN" AND FEED ADDITIVE "KRYPTOSTOP"

Gennady Yu. Kondaleev, Anna G. Menyakina

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Annotation. The article presents the results of a scientific and economic experiment on the effect of the probiotic preparation "Batsifolin" and the feed additive "Kryptostop" on the absorption of nitrogen, calcium, and phosphorus in calves during the lactation period. At the age of five days one control group and two experimental groups of Holstein Black-and-White young heifers were formed. The experimental groups were given the probiotic preparation "Batsifolin" in two dosages with milk every day for thirty days. The first experimental group received 22 g and 10 ml of the feed additive "Kryptostop" per day, while the second experimental group received 26 g and 10 ml of "Kryptostop" per day. The maintenance and feeding corresponded to the zoohygienic requirements for this age group of animals. As a result of our researches, we found that the probiotic preparation "Bacifolin" at a dosage of 26 grams per day in combination with the feed additive "Cryptostop" at a dosage of 10 ml per day contributed to a better digestibility of feed nitrogen (+15.6%), and the positive nitrogen balance was 10.3% higher compared to the control group, the digestibility of calcium by 1.99 grams (+33.1%), and its balance by 63.6%, phosphorus digestibility by 1.02 grams (+20.6%), and its balance by 36.5%, compared with the control group. It has been proven that the retention of nitrogen, calcium, and phosphorus in the bodies of calves during the milking period increased due to their more efficient use when the test additives were included in the diet at the specified daily dosage.

Keywords: retention, probiotic, "Bacifolin", feed additive, "Cryptostop", dairy calves, nitrogen, calcium, phosphorus.

For citation: Kondaleev G.Y., Menyakina A.G. Nitrogen, calcium, and phosphorus retention in calves during the lactation period under the influence of probiotic preparation "Batsifolin" and feed additive "Kryptostop" // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 6 (112): pp.31-35.

Введение. Сбалансированное минеральное и белковое питание в молочный период - фундамент здоровья и продуктивности будущего скота. Важно отметить рациональность усвоения трех важных элементов азота (как маркер протеина), кальция и фосфора (как маркер образования костной ткани).

Эффективное использование питательных веществ рациона, особенно протеина, является приоритетным моментом в интенсивном выращивании здорового и высокопродуктивного молодняка крупного рогатого скота. В молочный период пищеварительная система теленка претерпевает значительные морфофункциональные изменения, и ее становление часто сопровождается низкой эффективностью использования азота корма [1,2,3]. Низкая переваримость протеина не только приводит к экономическим потерям, но и создает повышенную метаболическую нагрузку на незрелые органы выделения, а также способствует росту патогенной микрофлоры в кишечнике [4].

Одним из современных и безопасных подходов к оптимизации азотистого обмена является применение пробиотиков и кормовых добавок. Пробиотические микроорганизмы, колонизируя желудочно-кишечный тракт, способствуют улучшению ферментативной активности, синтезу витаминов группы В и незаменимых аминокислот, а также подавлению гнилостной микрофлоры, продуцирующей токсичные амины и аммиак. За счет улучшения состояния кишечной стенки и микробного ценоза пробиотики могут повышать усвояемость протеина и улучшать азотистый баланс, что напрямую влияет на интенсивность роста и развития животного [5-8].

Кальций является одним из ключевых макроэлементов, необходимым для нормального роста и развития молодняка сельскохозяйственных животных. Он играет критически важную роль в формировании скелета, нервной проводимости, мышечном сокращении и работе иммунной системы. Дефицит или нарушение обмена кальция в молочный период, когда происходит интенсивный рост костной ткани, может приводить к таким патологиям, как рахит, остеопороз и снижению общей резистентности организма. У телят молочного периода усвояемость кальция из кормов не всегда является оптимальной. Это связано с функциональной незрелостью пищеварительной системы, низкой кислотностью в сычуге и недостаточной активностью ферментативных систем. В связи с этим, поиск способов повышения биодоступности кальция является актуальной задачей [9].

Фосфор наряду с кальцием относится к числу наиболее важных макроэлементов в питании молодняка крупного рогатого скота. Он является неотъемлемым компонентом костной ткани, входит в состав фосфолипидов клеточных мембран, нуклеиновых кислот и макроэргических соединений (АТФ), участвует в энергетическом обмене и регуляции кислотно-щелочного состояния организма. Дефицит фосфора в рационах телят молочного периода приводит к нарушению минерализации костей, снижению темпов роста, ухудшению показателей конверсии корма и может провоцировать развитие рахита. Особую актуальность проблема усвоения фосфора приобретает в молочный период, когда пищеварительная система теленка характеризуется функциональной незрелостью. Значительная часть фосфора корма может находиться в форме фитатов, которые плохо расщепляются собственными ферментами животных и выводятся с калом. В связи с этим, поиск способов повышения биодоступности фосфора представляет значительный научный и практический интерес [10].

Одним из перспективных направлений является применение пробиотических кормовых добавок. Отдельные штаммы пробиотических микроорганизмов обладают фитазной активностью - способны расщеплять фитиновую кислоту и высвобождать связанный фосфор, повышая его доступность для усвоения в кишечнике животного. Кроме того, пробиотики улучшают общее состояние желудочно-кишечного тракта, что также благоприятно сказывается на абсорбции макроэлементов [11,12].

Материалы и методы исследований. Научные исследования проводились в условиях ООО «Агрофирма Культура» Брянской области. Согласно программы опыта (таблица 1), с 5 дневного возраста были отобраны по методу пар-аналогов и сформированы 3 группы (1 контрольная, 2 опытных) телят (телочек) голштинской черно-пестрой породы, по 10 голов в каждой. Опытным группам в течение 30 дней вместе с молоком выпаивали пробиотический препарат «Бацифолин» содержащий смесь жизнеспособных, специально выбранных культур бактерий *Enterococcus faecium*, *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, в двух дозировках и кормовую добавку «Криптостоп» в состав которой входят моно-, ди- и триглицериды пропионовой, гептановой, каприловой, капроновой и лауриновой кислот, свободный глицерин. Телочкам опытных групп ежедневно выпаивали: первой - «Бацифолин» по 22 гр. и «Криптостоп» 10 мл., второй - Бацифолин по 26 гр. и «Криптостоп» 10 мл. Телки содержались в индивидуальных клетках, условия содержания и выращивания телят из всех групп были одинаковы и не отличались от условий, принятых в хозяйстве. На момент начала опыта все подопытные животные были клинически здоровы.

Таблица 1 - Схема проведения научно-хозяйственного опыта

| Группа | Схема применения добавок |
|-------------|---|
| Контрольная | Основной рацион - (ОР)* |
| 1.Опытная | ОР + Бацифолин 22 гр./сутки + Криптостоп 10 мл./сутки с молоком |
| 2.Опытная | ОР + Бацифолин 26 гр./сутки + Криптостоп 10 мл./сутки с молоком |

*ОР - основной рацион

В конце учетного периода провели физиологический (балансовый) опыт. Для его проведения из каждой группы методом случайной выборки отбирали по три головы, которых содержали индивидуально. Это позволяло обеспечить точный учёт потребленных кормов и выделенных экскрементов для дальнейшего исследования.

Результаты исследования и их обсуждение. В результате проведения научно-хозяйственного опыта нами были получены следующие данные.

Таблица 2 - Обмен азота у телят молочного периода

| Показатель | Группа | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|
| | Контрольная | 1. Опытная | 2. Опытная |
| Поступило азота с кормом, г | 48,10 ± 0,17 | 49,89 ± 0,64 | 49,89 ± 0,53 |
| Выделено с калом, г | 20,46 ± 1,29 | 19,76 ± 0,65 | 17,93 ± 0,62 |
| Переварено, г | 27,64 ± 1,16 | 30,13 ± 1,21 | 31,96* ± 0,86 |
| Выделено с мочой, г | 4,83 ± 0,23 | 6,28 ± 0,28 | 6,81 ± 0,20 |
| (Удержано в теле) Баланс, г | 22,81 ± 1,10 | 23,85 ± 1,49 | 25,15 ± 0,69 |
| Использовано, % | | | |
| от принятого | 47,42 | 47,81 | 50,41 |
| от переваренного | 82,52 | 79,16 | 78,69 |

Примечание: здесь и далее: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$

На основе полученных данных, можем отметить положительное влияние пробиотического препарата и кормовой добавки на азотистый обмен. Несмотря на практически одинаковое поступление азота с кормом во всех группах, его выделение с калом в опытных группах было ниже. Наименьшее количество неусвоенного азота было зафиксировано во 2-й опытной группе - 17,93 г, что на 12,4% меньше, чем в контроле. Вследствие этого, количество переваренного азота в опытных группах было существенно выше. Во 2-й опытной группе этот показатель достоверно был больше на 15,6% контрольного показателя. Это прямо указывает на то, что пробиотик и кормовая добавка усилили протеолитическую активность в желудочно-кишечном тракте телят, способствуя более полному расщеплению и всасыванию белков корма. Выделение азота с мочой в опытных группах возросло. Это может быть связано с более интенсивным метаболизмом и процессами переаминирования аминокислот в организме, а также с выведением избытка неиспользованного азота после более полного переваривания протеина. Несмотря на это, положительный азотистый баланс, отражающий количество азота, задержанного для синтеза тканей тела, был максимальным в опытных группах. Во 2-й группе он составил +25,15 г, что на 10,3% выше контрольного значения.

Наиболее важным с практической точки зрения является показатель коэффициента использования азота от принятого корма. Именно он показывает, какая доля пищевого протеина была эффективно использована организмом. В контрольной группе этот показатель был меньше на 0,39 п.п. и на 2,99 п.п. чем в первой и второй опытных группах соответственно.

Небольшое снижение коэффициента использования от переваренного азота в опытных группах является ожидаемым и логичным. Оно подтверждает, что при более полном переваривании протеина в кровь поступает больше аминокислот, и часть из них, не будучи использованной для синтеза, подвергается дезаминированию с последующим выведением азота с мочой. Однако, поскольку общее количество усвоенного и удержанного азота увеличилось, это свидетельствует о положительном эффекте пробиотика и кормовой добавки на белковый обмен.

Учитывая, что использование азота в организме животных тесно связано с обменом минеральных веществ, нами был так же изучен баланс и использование кальция и фосфора в организме телят (таблица 3). Анализ полученных данных показывает дозу зависимое положительное влияние пробиотика и кормовой добавки на обмен кальция. При практически равном поступлении кальция с кормом, его выделение с калом было достоверно ниже в опытных группах. Наименьший показатель отмечен во 2-й опытной группе - 4,62 г, что на 24,3% ниже, чем в контроле. Это свидетельствует о значительном улучшении всасывания кальция в кишечнике под влиянием пробиотика и кормовой добавки.

Таблица 3 - Обмен кальция у телят молочного периода

| Показатель | Группа | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|----------------|
| | Контрольная | 1. Опытная | 2. Опытная |
| Поступило Са с кормом, г | 12,11 ± 0,04 | 12,62 ± 0,04 | 12,62 ± 0,02 |
| Выделено Са с калом, г | 6,10 ± 0,15 | 5,71 ± 0,37 | 4,62* ± 0,30 |
| Переварено Са, г | 6,01 ± 0,14 | 6,90 ± 0,35 | 8,00** ± 0,29 |
| Выделено Са с мочой, г | 1,97 ± 0,10 | 1,58 ± 0,22 | 1,39*** ± 0,15 |
| (Удержано в теле) Баланс, г | +4,04 | +5,33 | +6,61 |
| Использовано, % | | | |
| От принятого | 33,36 | 42,23 | 52,37 |
| От переваренного | 67,22 | 77,13 | 82,6 |

Как следствие, количество переваренного кальция было максимальным во 2-й опытной группе и составило 8,00 г, что на 33,1% превышает показатель контрольной группы ($P \leq 0,01$). При этом в группе с меньшей дозой добавки 22 г также наблюдался положительный эффект +15,0%, что также показывает эффективность пробиотика и кормовой добавки. Важным результатом является снижение выделения кальция с мочой в первой опытной группе - на 19,8 и во второй опытной - на 29,4% ($P \leq 0,001$) соответственно. Это указывает на лучшее удержание и выделение кальция в организме, так как почки начинают реабсорбировать элемент более эффективно при его достаточной биодоступности и включении в метаболические процессы. В результате комплексного улучшения переваримости и снижения потерь с мочой, положительный баланс кальция был выше в опытных группах.

Наиболее значимым с практической точки зрения является показатель коэффициента использования кальция от принятого корма. В контрольной группе лишь 33,36% поступившего с кормом кальция использовалось организмом. В первой опытной группе этот показатель повысился на 8,87 п.п., а во второй опытной группе был больше на 19,01 п.п., что демонстрирует явное повышение эффективности использования кальция телятами во второй опытной группе по сравнению с контролем.

Таблица 4 - Обмен фосфора у телят

| Показатель | Группа | | |
|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|
| | Контрольная | 1. Опытная | 2. Опытная |
| Поступило Р с кормом, г | 8,35 ± 0,02 | 8,65 ± 0,02 | 8,65 ± 0,01 |
| Выделено с калом, г | 3,39 ± 0,20 | 2,95 ± 0,07 | 2,66 ± 0,18 |
| Переварено, г | 4,96 ± 0,18 | 5,70* ± 0,06 | 5,98* ± 0,17 |
| Выделено с мочой, г | 1,62 ± 0,08 | 1,50 ± 0,09 | 1,43 ± 0,25 |
| (Удержано в теле) Баланс, г | +3,34 | +4,2 | +4,56 |
| Использовано, % | | | |
| От принятого | 40,00 | 48,55 | 52,71 |
| От переваренного | 67,3 | 73,6 | 76,1 |

Полученные данные демонстрирует положительное влияние пробиотика и кормовой добавки на фосфорный обмен у телят. При практически равном поступлении фосфора с кормом во всех группах, его выделение с калом было ниже в опытных группах. Наименьшее количество неусвоенного фосфора отмечено во второй опытной группе - на 21,5% меньше, чем в контрольной группе, что свидетельствует об улучшении процессов всасывания фосфора в кишечнике. Как следствие, количество переваренного фосфора в опытных группах было существенно выше ($P \leq 0,05$). Во второй опытной группе этот показатель на 20,6% больше контрольного значения. В первой группе также наблюдалось увеличение переваримости фосфора на 14,9% по отношению к контрольной группе. Выделение фосфора с мочой в опытных группах имело тенденцию к снижению, что указывает на лучшее удержание элемента в организме при его достаточной биодоступности.

В результате комплексного улучшения переваримости и снижения экскреции, положительный баланс фосфора был больше в опытных группах: в первой на 25,7% и во второй на 36,5% чем у телят-аналогов контрольной группы. В ней показатель коэффициента использования фосфора от принятого составлял 40,00%, тогда как в первой опытной группе он возрос на 8,55 п.п. и во второй 12,71 п.п. Эффективность использования фосфора из корма повысилась на 31,8% у животных второй группы.

Выводы. Проведенные исследования доказали высокую эффективность применения пробиотического препарата «Бацифоллин» и кормовой добавки «Криптостоп» в рационе телят молочников. Отмечено улучшение переваримости и ретенции в организме телят азота, кальция и фосфора. Наблюдалась четкая доза зависящая эффективность пробиотика, оптимальные результаты по всем изучаемым

показателям были получены в группе, получавшей пробиотик «Бацифолин» в дозе 26 г на голову в сутки в комбинации с кормовой добавкой «Криптостоп» 10 мл на голову в сутки.

Список источников

1. Григорьев М.Ф. Переваримость и использование питательных веществ молодняком крупного рогатого скота при скармливании цеолито-минеральной добавки // Главный зоотехник. 2024. № 8 (253). С. 3-12.
2. Выращивание телят молочного периода с адаптированным уровнем минерального питания и добавкой фермента / А.А. Овчинников, Л.Ю. Овчинникова, Ю.В. Матросова, Е.Н. Еренко // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 1 (41). С. 46-52.
3. Должанов П.Б., Александров С.Н., Александрова Н.П. Особенности выращивания молодняка крупного рогатого скота в молочный период // Промышленность и сельское хозяйство. 2022. № 5 (46). С. 21-25
4. Орлов А.А., Остроухова Л.А., Сидоренко О.Д. Влияние пробиотиков на переваримость питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота // Вестник РАСХН. 2020. № 4. С. 54-58.
5. Хайруллин, М.Ф., Вахитов И.Х. Баланс азота и энергии в организме телят при скармливании пробиотика «Бацисубтил» // Зоотехния. 2021. № 8. С. 25-27.
6. Использование бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Р.В. Некрасов, М.Г. Чабаев, Е.Ю. Цис и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2021. № 3. С. 3-8.
7. Скармливаем телятам-молочникам пробиотическую добавку / А.Г. Менякина, Л.Н. Гамко, Д.Н. Ткаченко, И.И. Сидоров // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 4 (104). С. 37-40.
8. Хайрова И.М., Петрова О.Г., Барашкин М.И. Оценка взаимодействия микробиома кишечника телят голштино-фризской породы и пероральных пробиотических препаратов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (105). С. 251-255.
9. Оценка влияния недостаточности минеральных веществ в рационе животных / Л.М. Коколова, Л.Ю. Гаврильева, Е.С. Слепцов, Е.И. Прибылых // Генетика и разведение животных. 2023. № 4. С. 39-44.
10. Макро- и микроэлементы в питании животных: многообразие веществ и форм / А.П. Иващенко, Е.А. Сизова, А.М. Камирова и др. // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 85-111.
11. Вафина Д.Р., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Опыт применения пробиотической добавки «Басулифор» в кормлении телок до шестимесячного возраста // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 39-44.
12. Буряков Н.П., Щукина С.А., Горст К.А. *Bacillus megaterium*: продуцент аминокислот и пробиотик для сельскохозяйственных животных (обзор) // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 1. С. 67-75.

Информация об авторах:

Г.Ю. Кондалеев - аспирант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.Г. Менякина - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, menyakina77@ya.ru.

Information about the authors:

G.Yu. Kondaleev - Postgraduate student, Bryansk State Agrarian University.

A.G. Menyakina - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry, and Livestock Processing, Bryansk State Agrarian University, menyakina77@ya.ru.

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

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

Статья поступила в редакцию 22.09.2025, одобрена после рецензирования 18.11.2025, принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 22.10.2025, approved after reviewing 18.11.2025, accepted for publication 01.12.2025.

© Кондалеев Г.Ю., Менякина А.Г.

Научная статья
УДК 636.22/.28.085.3

ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА ГРАНУЛИРОВАННОГО ФИТОПРЕПАРАТА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СТРЕСС-ОБУСЛОВЛЕННЫХ НАРУШЕНИЙ У КОРОВ ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ СОДЕРЖАНИИ

¹Наталья Анатольевна Комиссарова, ²Наталья Ивановна Ярован,

²Владимир Николаевич Масалов

¹ФГБОУ ВО Орловский ГУ им. И.С. Тургенева, Орёл, Россия

²ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Орёл, Россия

Аннотация. Технология промышленного животноводства сопровождается воздействиями различных стресс-факторов, которые могут привести к развитию окислительного стресса и метаболических нарушений, что снижает продуктивность и здоровье животных. Поиск и разработка способов коррекции этих нарушений является актуальной задачей для современного животноводства. Целью нашего исследования было провести сравнительную оценку различных препаратов на основе сабельника болотного и обосновать оптимальный состав фитокомпозиции для коррекции оксидантно-антиоксидантного статуса высокопродуктивных коров. Для реализации цели изучали влияние разных доз сабельника болотного (0,5 г и 1,0 г на 1 кг живой массы); смеси из сабельника и клюквы (2 г на 1 кг живой массы) и гранулированной композиции из сабельника, клюквы и подсолнечного лецитина (2,15 г на 1 кг живой массы). Установлена зависимость действия сабельника от дозы. Так, при дозировке 0,5 г на 1 кг живой массы выявлено снижение малонового диальдегида (МДА) на 33%, а при дозировке 1 г на 1 кг живой массы - на 37%. Композиция из сабельника и клюквы показала синергический эффект, снижая МДА в сыворотке крови коров в 5,6 раза. Гранулированный препарат из сабельника, клюквы и лецитина показал максимальную эффективность, нормализуя показатели оксидантно-антиоксидантного статуса к концу эксперимента и повышая среднесуточный удой на 7%. В работе научно обоснован состав гранулированного фитопрепарата, который сочетает антиоксидантные свойства сабельника и клюквы с мембраностабилизирующим действием лецитина, при этом обладая технологическим удобством при автоматизированном производстве.

Ключевые слова: сабельник болотный, клюква дикорастущая, гранулированный препарат, промышленный стресс, высокопродуктивные коровы, окислительный стресс.

Для цитирования: Комиссарова Н.А., Ярован Н.И., Масалов В.Н. Обоснование состава гранулированного фитопрепарата для коррекции стресс-обусловленных нарушений у коров при промышленном содержании // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 36-41.

Original article

SUBSTANTIATION OF THE COMPOSITION OF A GRANULATED PHYTOPREPARATION FOR THE CORRECTION OF STRESS-INDUCED DISORDERS IN COWS UNDER INDUSTRIAL CONDITIONS

¹Natal'ya A. Komissarova, ²Natal'ya I. Yarovana, ²Vladimir N. Masalov

¹Oryol State University named after I.S. Turgenev, Oryol, Russia

²Oryol State Agrarian University, Oryol, Russia

Abstract. Technology of industrial livestock husbandry is accompanied by exposure to numerous stress factors capable of causing the development of oxidative stress and metabolic disorders, which reduces animal productivity and health. The development of effective methods for correcting these disorders is an urgent scientific and practical task. The aim of our research was to conduct a comparative evaluation of various preparations based on marsh cinquefoil and to substantiate the optimal composition of the phytocomposition for correcting the oxidant-antioxidant status of highly productive cows. To achieve this goal, the effect of different doses of marsh cinquefoil (0.5 g and 1.0 g per 1 kg of live weight); a mixture of marsh cinquefoil and cranberry (2 g per 1 kg of live weight) and a granulated composition of marsh cinquefoil, cranberry and sunflower lecithin (2.15 g per 1 kg of live weight) was studied. The dependence of the action of meadowsweet on the dose has been established. Thus, at a dosage of 0.5 g per 1 kg of live mass, a decrease in malondialdehyde (MDA) by 33% was observed, and at a dosage of 1 g per 1 kg of live mass - by 37%. A composition of marsh cinquefoil and cranberry demonstrated a synergistic effect, reducing MDA in the cows' blood serum by 5.6 times. A granulated preparation of marsh cinquefoil, cranberry and lecithin demonstrated maximum effectiveness, normalizing oxidant-antioxidant status indicators by the end of the experiment and increasing average daily milk yield by 7%. The work provides a scientifically substantiated formulation of a

granulated herbal preparation that combines the antioxidant properties of marsh cinquefoil and cranberry with the membrane-stabilizing action of lecithin, while being technologically convenient for automated production.

Keywords: marsh cinquefoil, wild cranberry, granulated preparation, industrial stress, highly productive cows, oxidative stress.

For citation: Komissarova N.A., Yarovan N.I. Masalov V.N. Substantiation of the composition of a granulated phytopreparation for the correction of stress-induced disorders in cows under industrial conditions // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2025. № 6 (112). pp. 36-41.

Введение. Основной целью современного молочного скотоводства является повышение продуктивности животных при сохранении их здоровья. Молочная продуктивность напрямую зависит от обеспеченности животных эссенциальными и биологически активными соединениями [1]. Однако, ключевым лимитирующим фактором для реализации потенциала высокопродуктивных коров рассматриваются стрессы, постоянно сопровождающие технологию промышленного содержания.

В ответ на стресс-воздействие развивается стресс-реакция, способная привести к окислительному стрессу и последующим метаболическим нарушениям [2]. Дисбаланс в оксидантно-антиоксидантной системе представляет собой одно из ключевых звеньев в патогенезе стресс-обусловленных нарушений, что в конечном итоге приводит к снижению продуктивности и преждевременной выбраковке животных [2, 3, 4].

В связи с этим для коррекции выявляемых нарушений патогенетически обусловленным является поиск биологически активных компонентов и разработка препаратов на их основе, в том числе фито-препаратов. Перспективным направлением представляется применение сабельника болотного, продемонстрировавшего высокую антиоксидантную активность в многочисленных исследованиях, в первую очередь за счет полифенольных соединений [5, 6]. Также Мирошниковым П.Н. с соавторами было установлено положительное влияние сабельника болотного на продуктивность свиней [7]. Существенным ограничением при использовании полифенольных соединений является их низкая биодоступность ввиду их неустойчивости при изменении условий среды и быстрой метаболической трансформации [8]. Сохранению устойчивости и повышению биодоступности будет способствовать включение в состав препарата клюквы, повышающей общую антиоксидантную эффективность препарата за счет комплементарного эффекта витамина С клюквы и полифенольных соединений сабельника [9, 10]. Однако, внедрение данной смеси в промышленное животноводство является технологически нерешаемым в связи с необходимостью ежедневного приготовления композиции. Решением данной проблемы является изготовление гранулированного препарата на основе сабельника, клюквы и подсолнечного лецитина. Согласно исследованиям современных ученых, лецитин повышает антиоксидантную активность полифенолов и обладает мембраностабилизирующим действием, что критически важно при коррекции нарушений в мембранах, вызванных окислительным стрессом.

Целью настоящих исследований являлась сравнительная оценка антиоксидантной активности сабельника болотного в разных дозах, смеси из сабельника и клюквы, и гранулированного препарата из сабельника, клюквы и лецитина.

Материалы и методы. Исследования выполнялись в период с 2018 по 2024 гг. на базе промышленного комплекса ООО «Маслово», в лабораториях кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской и в условиях инновационного научно-исследовательского испытательного центра ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина.

Для коррекции нарушений в оксидантно-антиоксидантном статусе у исследуемых коров первой серии опыта было изучено влияние скармливания в течение 21 суток сабельника болотного в дозах 0,5 г и 1 г на 1 кг живой массы, а также композиции из измельченной высушенной травы сабельника болотного и измельченных плодов дикорастущей клюквы из расчета 1 г каждого компонента на 1 кг живой массы (т.е. общая доза 2 г растений на 1 кг веса). Фитокомпозиция была изготовлена следующим способом: растительные компоненты перемешивали и повторно измельчали до размера частиц около 5-7 мм.

Во второй серии опыта было изучено влияние скармливания в течение 21 суток гранулированного препарата из сабельника, клюквы и лецитина в дозе 2,15 г на 1 кг живой массы. Гранулированный препарат был изготовлен по нашей авторской методике (патент РФ №2844375).

Сабельник болотный и клюква дикорастущая произрастали в Республике Коми.

Объектом эксперимента являлись коровы голштинизированной породы, содержащиеся в стрессогенных условиях промышленного комплекса ООО «Маслово».

Были проведены 2 серии опытов. В первой серии были сформированы 4 группы по 10 голов в каждой: контрольная группа коров, получавших основной рацион хозяйства; первая опытная группа, кото-

рой дополнительно вводили в рацион сабельник болотный в дозе 0,5 г на 1 кг живой массы; вторая опытная группа, которой скармливали сабельник болотный в дозе 1 г на 1 кг живой массы; третья опытная группа, которой дополнительно к основному рациону скармливали композицию из 1 г измельченной высушенной травы сабельника болотного и 1 г плодов клюквы дикорастущей, в общей дозе 2 г на 1 кг живой массы. Во второй серии опыта были сформированы 2 группы (n=10 голов): контрольная группа животных, получавших только основной рацион; опытная группа, получавшая помимо основного рациона гранулированную композицию на основе сабельника, клюквы и лецитина.

Все группы животных формировались с учетом их физиологического состояния по принципу пар аналогов. Условия ухода, кормления и содержания у исследуемых коров были идентичными.

Для оценки состояния высокопродуктивных коров анализировали сыворотку крови. Кровь для исследований отбирали у коров в утренние часы перед кормлением из яремной вены, соблюдая все правила асептики и антисептики.

Для изучения оксидантного статуса у исследуемых коров определяли содержание малонового диальдегида (МДА) в сыворотке крови с помощью метода Э.Н. Коробейниковой (1989) по реакции с тиобарбитуровой кислотой. Антиоксидантный статус животных оценивали по уровню основного антиоксиданта плазмы крови - церулоплазмину (ЦП) с помощью экспресс-метода по Э.В. Тэну (1981).

Полученные опытные данные статистически обработаны и представлены в статье в виде $M \pm SD$, где M - среднее арифметическое, SD - среднее квадратичное отклонение. Достоверность отличий между средними величинами в разных группах животных устанавливали с помощью критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные в 2-х сериях опыта на начало эксперимента демонстрировали развитие окислительного стресса у коров всех групп (контрольных и опытных), что подтверждалось повышением малонового диальдегида и снижением церулоплазмину. В контрольных группах нарушения оксидантно-антиоксидантного статуса сохранялись в течение всего исследования.

К 21-м суткам эксперимента в первой серии опыта содержание МДА в сыворотке крови коров контрольной группы составило $2,86 \pm 0,11$ мкмоль/л, превышая норму, равную 0,3-0,4 мкмоль/л, а уровень церулоплазмину составил $1,51 \pm 0,83$ мкмоль/л (норма 1,84-2,3 мкмоль/л). Во второй серии опыта у коров контрольной группы зафиксированы аналогичные нарушения: МДА - $2,91 \pm 0,07$ мкмоль/л на фоне сниженного ЦП ($1,49 \pm 0,01$ мкмоль/л).

Анализ проведенного эксперимента позволяет говорить, что окислительный стресс был индуцирован воздействием неизбежных стрессогенных факторов промышленного содержания, которые негативно влияли на резерв эндогенной антиоксидантной защиты, что подчеркивает необходимость обогащения основного рациона животных антиоксидантной кормовой добавкой с целью коррекции оксидантно-антиоксидантного статуса.

Динамика изменения оксидантно-антиоксидантного статуса у коров при введении дополнительно к основному рациону сабельника болотного и фитокомпозиции из сабельника и клюквы представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели оксидантно-антиоксидантного статуса у содержащихся в условиях промышленного комплекса коров контрольной и опытных групп (первая серия опыта)

| Показатели и референтные значения | Название группы | 1 сутки | 21 сутки |
|---|---|-----------------|-------------------|
| МДА, мкмоль/л (Норма 0,3-0,4 мкмоль/л) | Контрольная | $2,15 \pm 0,21$ | $2,86 \pm 0,11$ |
| | Опытная (сабельник в дозе 0,5 г/1 кг) | $2,21 \pm 0,19$ | $1,92 \pm 0,39^*$ |
| | Опытная (сабельник в дозе 1 г/1 кг) | $2,15 \pm 0,29$ | $1,81 \pm 0,49^*$ |
| | Опытная (сабельника+клюква в дозе 2 г/1 кг) | $2,24 \pm 0,25$ | $0,51 \pm 0,15^*$ |
| ЦП, мкмоль/л (Норма 1,84-2,3 мкмоль/л) | Контрольная | $1,72 \pm 0,16$ | $1,51 \pm 0,83$ |
| | Опытная (сабельник в дозе 0,5 г/1 кг) | $1,61 \pm 0,18$ | $1,98 \pm 0,75^*$ |
| | Опытная (сабельник в дозе 1 г/1 кг) | $1,75 \pm 0,74$ | $2,06 \pm 0,94^*$ |
| | Опытная (сабельника+клюква в дозе 2 г/1 кг) | $1,48 \pm 0,04$ | $2,2 \pm 0,13^*$ |

Примечание: * - $P < 0,05$ относительно контрольной группы коров, получающих только основной рацион (1 серия опыта)

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что в опытной группе животных, получавших дополнительно к основному рациону сабельник болотный в дозе 0,5 г на 1 кг живой массы, к концу опыта отмечалось снижение показателя МДА в сыворотке крови на 33% ($p < 0,05$) и повышение уровня церулоплазмину на 24% относительно контрольных значений. Увеличение дозы сабельника болотного до 1,0 г на 1 кг живой массы привело к снижению показателя МДА в сыворотке крови коров опытной группы на 37% ($P < 0,05$) и увеличению ЦП на 27%, относительно контрольных значений.

Скармливание животным растительной композиции на основе сабельника болотного и клюквы, в общей дозе 2 г на 1 кг живой массы, привело к снижению показателя МДА в 5,6 раза ($P < 0,05$) и повышению концентрации церулоплазмينا на 31% относительно контрольных значений, что подтверждает гипотезу о синергетическом действии сабельника болотного и клюквы в композиции.

Однако, подачу животным фитокомпозиции из сабельника и клюквы автоматизировать будет затруднительно, т.к. ее подготовка к подаче требует ежедневного приготовления. Технически реализуемой формой подачи является гранулированная фитокомпозиция на основе сабельника и клюквы с добавлением подсолнечного лецитина.

Результаты влияния скармливания фитогранул на оксидантно-антиоксидантный статус коров представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели оксидантно-антиоксидантного статуса у содержащихся в условиях промышленного комплекса коров контрольной и опытной групп (вторая серия опыта)

| Показатели и референтные значения | Название группы | 1 сутки | 21 сутки |
|---|--------------------------------------|-----------|-------------|
| МДА, мкмоль/л (Норма 0,3-0,4 мкмоль/л) | Контрольная | 2,05±0,24 | 2,91±0,07 |
| | Опытная (гранулы в дозе 2,15 г/1 кг) | 2,18±0,11 | 0,32±0,21* |
| ЦП, мкмоль/л (Норма 1,84-2,3 мкмоль/л) | Контрольная | 1,52±0,01 | 1,49±0,01 |
| | Опытная (гранулы в дозе 2,15 г/1 кг) | 1,49±0,12 | 2,26±0,01** |

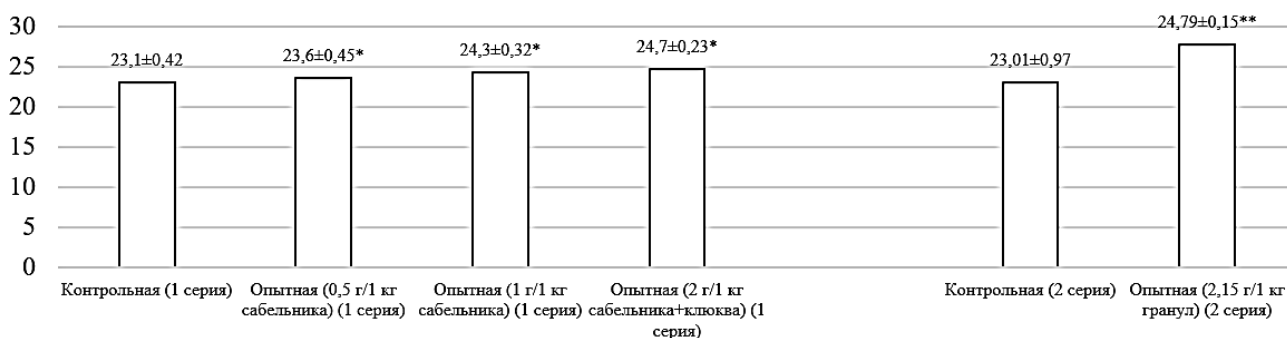
Примечание: * - $P < 0,05$, ** - $P < 0,01$ относительно контрольной группы коров, получающих только основной рацион (2 серия опыта)

Как видно из таблицы 2, введение дополнительно к основному рациону гранулированного растительного препарата на основе сабельника болотного, дикорастущей клюквы и подсолнечного лецитина в общей дозе 2,15 г на 1 кг живой массы привело к снижению МДА в сыворотке крови высокопродуктивных коров опытной группы к концу эксперимента в 9 раз ($P < 0,05$) и повышению уровня церулоплазмينا на 34% ($P < 0,01$), относительно контроля. К концу опыта оба исследуемых показателя достигли нормы.

Полученные результаты показывают положительное влияние разработанного гранулированного препарата на основе сабельника, клюквы и лецитина на оксидантно-антиоксидантную систему у голштинизированных коров, содержащихся в условиях промышленного комплекса, сохраняя при этом технологическое преимущество перед подачей фитокомпозиции животным.

Молочная продуктивность является одним из важных показателей здоровья животного. Нарушения метаболических процессов, в том числе оксидантно-антиоксидантного статуса, являются препятствием генетически заложенного потенциала продуктивности животного.

На фоне выявленных нарушений оксидантно-антиоксидантного статуса исследовали среднесуточный удой. К 21-м суткам эксперимента среднесуточный удой коров контрольной группы первой серии опыта составил 23,1±0,42 кг, а во второй - 23,01±0,97 кг. Динамика изменения данного показателя при скармливании препаратов на основе сабельника представлена на рисунке 1.



Примечание: * - $p < 0,05$ относительно контрольной группы коров, получающих только основной рацион (1 серия опыта); ** - $p < 0,05$ относительно контрольной группы коров, получающих только основной рацион (2 серия опыта)

Рисунок 1 - Среднесуточный удой коров двух серий опыта, содержащихся в условиях промышленного комплекса, к 21 дню эксперимента (ООО «Маслово»), кг

Согласно данным рисунка 1, введение дополнительно к основному рациону коров опытных групп сабельника болотного, растительной смеси из сабельника и клюквы, и гранулированного препарата положительно отразилось на продуктивности животных. К 21-ым суткам эксперимента в группах коров, получавших сабельник болотный в дозе 0,5 г на 1 кг живой массы и 1 г на 1 кг живой массы, было отмечено увеличение среднесуточного удоя на 2% ($P < 0,05$) в каждой группе по сравнению с контролем (1 серия).

Дополнительное введение к основному рациону коров композиции, состоящей из 1,0 г сабельника болотного и 1,0 г ягод дикорастущей клюквы, способствовало увеличению среднесуточного удоя на 6% ($P < 0,05$) по сравнению с показателями контрольной группы (1 серия).

К концу эксперимента у коров опытной группы, получавшей гранулированную форму препарата, было зафиксировано увеличение среднесуточного удоя на 7% ($P < 0,05$) по сравнению с контрольной группой (2 серия).

Вывод. Препараты на основе сабельника болотного обладают выраженной антиоксидантной активностью. Включение в состав композиции клюквы дикорастущей обеспечивает синергический эффект, усиливая антиоксидантное действие. Наибольшую эффективность и технологическое удобство из всех исследуемых препаратов продемонстрировала гранулированный препарат на основе сабельника болотного, клюквы и подсолнечного лецитина.

Список источников

1. Сурначева С.В., Смирнова Ю.М., Платонов А.В. Воздействие пробиотиков «Румит» и «Румит-V» на рубцовую активность и продуктивность молочных коров // Вестник аграрной науки. 2024. № 3 (108). С. 74-79.
2. Боголюбова Н.В. Некрасов Р.В., Зеленченкова А.А. Антиоксидантный статус и качество мяса у сельскохозяйственной птицы и животных при стрессе и его коррекция с помощью адаптогенов различной природы (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57, № 4. С.628-663.
3. Кулаков В.В. Сравнительная оценка влияния вакцинального стресса на ряд физиологических показателей, продуктивности и показатели молока коров // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 1 (41). С.44-53.
4. Физиолого-биохимический статус у коров разной продуктивности при введении в рацион защищенных аминокислот и экстракта артишока / М.А. Котальникова, К.А. Лещуков, В.Н. Масалов, С.Ю. Стебловская // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 124-132.
5. Антиоксидантная активность экстрактов душицы обыкновенной и сабельника болотного, произрастающих в Алтайском крае, в связи с содержанием в них флавоноидов / П.Н. Мирошников, П.Н. Мирошников, К.В. Жучаев, Ю.И. Коваль // Вестник НГАУ. 2024. № 3. С. 213-220.
6. Стругар Й., Повыдыш М.Н. Химические компоненты COMARUM PALUSTRE L. и их биологическая активность // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». 2020. № 12 (22). С. 126-139.
7. Влияние экстрактов душицы обыкновенной и сабельника болотного на физиологический статус и продуктивность молодняка свиней / П.Н. Мирошников, К.В. Жучаев, Е.А. Борисенко и др. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 256, № 4. С.168-177.
8. Школьников М.Н., Воронова Е.В. Микрокапсулирование полифенолов как способ повышения их биодоступности в составе пищевых систем: обзор современных технологий // Индустрия питания / Food Industry. 2021. Т. 6, № 2. С. 90-98.
9. Бурак Л.Ч. Сапач А.Н.Б. Биологически активные вещества бузины: свойства, методы извлечения и сохранения // Пищевые системы. 2023. Т. 6, № 1 (6). С. 80-94.
10. Лудан В.В. Польская Л.В. Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма // Таврический медико-биологический вестник. 2019. Т. 22, № 3. С. 86-92.

Информация об авторах:

Н.А. Комиссарова - кандидат биологических наук, ассистент кафедры общей, биологической, фармацевтической химии и фармакогнозии, ФГБОУ ВО Орловский ГУ им. И.С. Тургенева.

Н.И. Ярован - доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой химии и биотехнологии им. Н.Е. Павловской, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина, n.yarovan@yandex.ru.

В.Н. Масалов - доктор биологических наук, профессор, ректор, ФГБОУ ВО Орловский ГАУ им. Н.В. Парахина

Information about the authors:

N.A. Komissarova - Doctor of Biological Sciences, Assistant department in the Department of General, Biological, and Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy at the I.S. Turgenev Oryol State University.

N.I. Yarovan - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the N.E. Pavlovskaya Department of Chemistry and Biotechnology at the N.V. Parakhin Oryol State Agricultural University, n.yarovan@yandex.ru.

V.N. Masalov - Doctor of Biological Sciences, Professor, Rector at the N.V. Parakhin Oryol State Agricultural 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 22.09.2025, одобрена после рецензирования 25.10.2025, принята к публикации 13.11.2025.

The article was submitted 22.09.2025, approved after reviewing 25.10.2025, accepted for publication 13.11.2025.

© Комиссарова Н.А., Ярован Н.И., Масалов В.Н.

Научная статья

УДК 636.234.1:636.03

**ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫМЕНИ
ГОЛШТИНСКИХ КОРОВ РАЗНОЙ ЖИВОЙ МАССЫ****Владмир Васильевич Кривопушкин, Сергей Алексеевич Трохачев**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Исследовали продуктивные и функциональные особенности коров голштинской породы разной живой массы в условиях племенного завода СПК «Зимницкий». Коровы живой массой 605 кг и более имели ваннообразное вымя и продуцировали молока за 305 дней лактации на 1211,00 кг или на 12,72 % больше коров массой 581-604 кг и на 1701,50 кг молока или на 18,84 % $P>0,95$ больше, чем коровы живой массой 529-580 кг, имевшие чашеобразное вымя. Крупные коровы производили молочного жира на 72,69 кг или 20,02 % больше и молочного белка на 58,35 кг или 19,94% больше, чем мелкие и на 45,36 кг или на 11,62 % молочного жира и на 41,50 кг или 13,41 % молочного белка больше, чем коровы средней живой массы (при $P>0,95$ соответственно). Интенсивность молокоотдачи выше у высокопродуктивных коров, мелкие коровы уступали животным с большей живой массой и молочной продуктивностью. Интенсивность формирования молочной продукции характеризующая, сколько молока в расчёте на 100 кг собственной живой массы производит корова, была выше у крупных коров, которые интенсивнее на 96,84 кг или 5,97 % продуцировали молоко, чем мелкие коровы и на 100,46 кг или 6,21 % интенсивнее, чем коровы средней живой массы (при $P>0,95$ соответственно). Крупные коровы более устойчивы к инфекционным болезням, но подвержены гинекологическим заболеваниям, возможно из-за крупного приплода.

Ключевые слова: коровы, живая масса, молочная продуктивность, лактация, массовая доля жира, массовая доля белка в молоке.

Для цитирования: Кривопушкин В.В., Трохачев С.А. Продуктивность и функциональные особенности вымени голштинских коров разной живой массы // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 42-47.

Original article**PRODUCTIVITY AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE HOLSTEIN COWS UDDER
OF DIFFERENT LIVE MASS****Vladmir V. Krivopushkin, Sergey A. Trokhachev**
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The productive and functional characteristics of Holstein cows of different live mass were studied in the conditions of the breeding farm of the Zimnitsky agricultural production cooperative. The cows with a live mass of 605 kg and more had a bath-shaped udder and produced 1211.00 kg or 12.72% more milk during 305 days of lactation than cows weighing 581-604 kg and 1701.50 kg of milk or 18.84% $P>0.95$ more than cows with a live mass of 529-580 kg that had a cup-shaped udder. Large cows produced 72.69 kg or 20.02% more milk fat and 58.35 kg or 19.94% more milk protein than small cows, and 45.36 kg or 11.62% more milk fat and 41.50 kg or 13.41% more milk protein than cows of average live mass (at $P>0.95$, respectively). The intensity of milk production was higher in high-yielding cows, while small cows were inferior to animals with greater live mass and milk productivity. The intensity of milk production, which characterizes how much milk a cow produces per 100 kg of its own live mass, was higher in large cows, which produced milk 96.84 kg or 5.97% more intensively than small cows and 100.46 kg or 6.21% more intensively than cows of average live mass at ($P>0.95$, respectively). The large cows are more resistant to infectious diseases, but are susceptible to gynecological diseases, possibly due to the large number of offspring.

Keywords: cows, live mass, milk productivity, lactation, mass proportion of fat, mass proportion of protein in milk.

For citation: Krivopushkin V.V., Trokhachev S.A. Productivity and functional characteristics of the Holstein cows udder of different live mass// Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2025. № 6 (112). pp. 42-47.

Введение. Российская Федерация не в полной мере обеспечивает потребности в молоке и молочных продуктах за счёт внутреннего производства, часть молока импортирует в основном из Республики Беларусь [1]. В связи с этим важным звеном зоотехнической работы в молочном скотоводстве является повышение молочной продуктивности коров. Стимулируют молочную продуктивность ко-

ров генетический потенциал высокой молочности, полноценное кормление лактирующих коров, применение технологии раздоя авансированным кормлением в первую треть лактации, улучшением качества ветеринарного обслуживания молочного скота, применением современных ресурсосберегающих технологий и направленного выращивания молодняка. Одним из крупных производителей молока является племенной завод СПК «Зимницкий», расположенный в Дубровском районе Брянской области. В хозяйстве содержат 1880 голов крупного рогатого скота, в том числе 750 коров голштинской породы, средней живой массой 639 кг при среднем по стаду удое за лактацию 9293 кг молока, а от коров селекционной группы 11452 кг молока. Из основного стада ежегодно выбраковывают 32-34 % коров и заменяют их на 33-35 % поголовья коров-первотёлок, проверенных по происхождению и молочной продуктивности за первые 3 месяца лактации. В расчёте на 100 коров хозяйство получает 87 голов телят.

Молочный комплекс хозяйства оснащен современным оборудованием, специалисты хозяйства совершенствуют систему кормления животных, добиваясь соответствия рационов потребностям животных в каждый физиологический период их использования.

Целью исследований являлся анализ молочной продуктивности коров, скорости молокоотдачи, причин и возраста выбытия из стада коров разной живой массы в условиях племенного завода СПК «Зимницкий».

Материалы и методика исследований. Материалом исследований являются коровы голштинской породы чёрно-пестрой масти, содержащиеся в условиях молочного комплекса племенного завода СПК «Зимницкий». Для исследований из общего количества коров хозяйства сформированы 3 группы по 50 коров, аналогов по породности, возрасту и сезону отёла. Первая группа - коровы с живой массой от 529 до 580 кг. Вторая группа - коровы с живой массой от 581 до 604 кг. Третья группа - коровы с живой массой от 605 кг и более. Все исследуемые коровы находились в одинаковых условиях кормления и содержания, молочную продукцию от них получали в доильном зале, обслуживаемом одним и тем же персоналом. Продуктивность коров учитывали в соответствии с ГОСТ Р 57878 — 2017 [2]. Живую массу коров учитывали методом взвешиваний на весах с пределом взвешивания 1000 кг и погрешностью взвешивания не более 1,0 кг рано утром после 12-часовой выдержки коров без кормления и поения. Взвешивания проведены за два контрольных смежных дня с последующим вычислением средней живой массы каждой коровы индивидуально. Молочную продуктивность коров учитывали индивидуально в потоке на доильной установке с автоматизированной системой учета молока методом ежедневного электронного контроля удоев молока с вычислением суточного удоя и удоя молока за лактацию с корректировкой на 305 дней стандартной лактации индивидуально для каждой коровы. Массовую долю жира и белка в молоке определяли отбором проб от каждого удоя, объем пробы был пропорционален количеству молока за каждое доение в течение суток. Использовали результаты сводной ведомости бонитировки крупного рогатого скота голштинской породы племенного завода СПК «Зимницкий» Дубровского района Брянской области [3]. Биометрическую обработку результатов исследований выполнили в программе Microsoft Excel с определением t-критерия Стьюдента.

Результаты собственных исследований и их обсуждение. Живая масса коров позволяет оценивать полноценность развития их организма в соответствующем возрасте методом сравнения результатов у исследуемых животных со стандартом породы или с живой массой сверстниц, находящихся в таких же условиях кормления и содержания [4, 5]. Исследования живой массы коров голштинской породы разного возраста представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Средняя живая масса коров голштинской породы, кг

| Показатель | Группа коров | | |
|---------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Количество коров, голов | 50 | 50 | 50 |
| Средняя живая масса коров, кг | 556,87±3,09 | 588,43±1,26 | 624,50±2,21 |
| Минимум, кг | 529,00 | 582,00 | 604,00 |
| Максимум, кг | 578,00 | 602,00 | 691,00 |
| Среднее квадратическое отклонение, кг | 8,17 | 8,04 | 9,67 |
| Коэффициент вариации, % | 1,47 | 1,26 | 0,93 |

Коровы первой группы уступали по живой массе коровам второй группы 31,56 кг или 5,67 % и уступали коровам третьей группы 67,63 кг или на 12,15 % при $P>0,95$. Из этого следует, что коровы первой группы были менее развиты по живой массе по сравнению с коровами второй и третьей групп.

коровы третьей группы были лидерами, а коровы второй группы получили промежуточное положение по живой массе в одинаковом возрасте и идентичных условиях кормления и содержания.

Молочная продуктивность коров, отличавшихся разной живой массой, существенно различалась по количеству и по качеству произведенного ими молока. Лидерами по удою молока за 305 дней лактации были коровы третьей группы, их средний удой был на 1701,50 кг молока или на 18,84 % больше, чем у коров первой группы и на 1211,00 кг молока или на 12,72 % при $P>0,95$ выше, чем у коров второй группы. Различия по минимальному и максимальному удою молока за 305 дней лактации у коров исследуемых групп повторяли тенденцию, отмеченную по средним показателям. Это даёт основания для выводов о прямой зависимости между живой массой коров и их удоём молока. Массовая доля жира в молоке коров разных групп не имела прямой положительной взаимосвязи с живой массой исследуемых животных. Лидерами по содержанию жира в молоке оказались коровы второй группы, по этому показателю они превосходили аналогов первой группы на 0,08 % и на 0,04 % аналогов третьей группы. Однако по количеству молочного жира, произведенного коровами за 305 дней лактации, лидерами были коровы третьей группы. Они произвели молочного жира на 72,69 кг или на 20,02 % при $P>0,99$ больше, чем коровы первой группы и на 45,36 кг или на 11,62 % при $P>0,95$ молочного жира больше, чем коровы второй группы. Это позволяет утверждать, что у коров голштинской породы существует положительное влияние живой массы не только на удой, но и содержание жира в молоке.

Таблица 2 - Молочная продуктивность коров голштинской породы в условиях племенного завода СПК «Зимницкий»

| Показатель | Группа | | |
|---|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Средний удой молока за 305 дней лактации, кг: | 9031,00±31,16 | 9521,50±34,89 | 10732,50±33,86 |
| Минимум, кг | 7709,00±42,8 | 8447,00±31,17 | 9197,00±41,78 |
| Максимум, кг | 10353,00±44,26 | 11029,00±37,23 | 12268,00±44,29 |
| Массовая доля жира в молоке, % | 4,02±0,0056 | 4,10±0,0080 | 4,06±0,0047 |
| Минимум, % | 3,90 | 3,93 | 3,96 |
| Максимум, % | 4,14 | 4,27 | 4,16 |
| Количество молочного жира, кг | 363,05±9,80 | 390,38±12,10 | 435,74±12,98 |
| Минимум, кг | 300,65 | 331,97 | 364,20 |
| Максимум, кг | 428,61 | 470,94 | 510,35 |
| Массовая доля белка в молоке, % | 3,24±0,006 | 3,25±0,007 | 3,27±0,001 |
| Минимум, % | 3,22 | 3,23 | 3,24 |
| Максимум, % | 3,26 | 3,27 | 3,30 |
| Количество молочного белка, кг | 292,60±7,89 | 309,45±8,96 | 350,95±9,74 |
| Минимум, кг | 248,23 | 272,84 | 297,98 |
| Максимум, кг | 337,51 | 360,65 | 404,84 |

Науке известно, что молочный жир обеспечивает организм потребителей молока повышенным количеством расщепляемой энергии, а молочный белок, являясь активным органическим веществом, обеспечивает организм потребителей молока компонентами для восстановления клеточных структур, входит в состав витаминов, а глобулиновая часть белков молока входит в состав антител формирующих резистентность организма к вирулентным микроорганизмам [6, 7].

В наших исследованиях установлено прямое положительное влияние живой массы коров голштинской породы на массовую долю белка в молоке и на производство молочного белка. Коровы третьей группы произвели молочного белка на 58,35 кг или на 19,94 % при $P>0,95$ больше, чем коровы первой группы и на 41,50 кг или на 13,41 % при $P>0,95$ больше, чем коровы второй группы. Следовательно, увеличение живой массы коров голштинской породы стимулирует увеличение количества и улучшает качество молока, получаемого от коров. Это наглядно показано на диаграмме (рисунок 1).

Повышенная живая масса и молочная продуктивность коров голштинской породы обусловлена повышенным обменом веществ, обеспечивающим более интенсивную функциональную активность организма [8, 9]. В таблице 3 представлены результаты исследований функциональных свойств молочной железы коров, различающихся по живой массе.

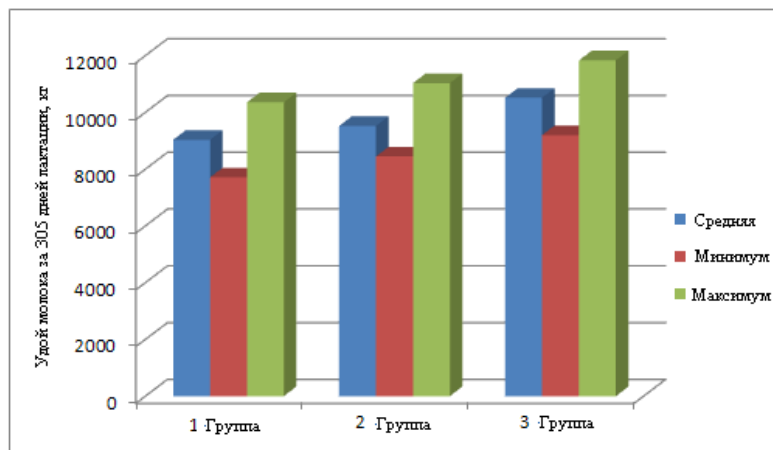


Рисунок 1 - Диаграмма молочной продуктивности коров разной живой массы

Таблица 3 - Функциональные свойства вымени у голштинских коров племенного завода СПК «Зимницкий»

| Показатель | Группа | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Средний суточный удой молока, кг | 29,61±0,36 | 31,21±0,32 | 34,47±0,38 |
| Минимум, кг | 25,27 | 27,70 | 30,16 |
| Максимум, кг | 33,94 | 36,16 | 40,22 |
| Продолжительность доения, мин | 12,76±0,53 | 13,34±0,56 | 14,12±0,60 |
| Минимум, кг | 11,23 | 12,26 | 13,17 |
| Максимум, кг | 14,20 | 14,94 | 15,53 |
| Интенсивность молокоотдачи, кг/мин | 2,32±0,017 | 2,34±0,021 | 2,44±0,018 |
| Минимум, кг/мин | 2,25 | 2,26 | 2,29 |
| Максимум, кг/мин | 2,39 | 2,42 | 2,59 |
| Коэффициент молочности, кг | 1621,74±61,30 | 1618,12±60,84 | 1718,58±60,32 |
| Минимум, кг | 1457,28 | 1451,38 | 1608,80 |
| Максимум, кг | 1791,18 | 1832,06 | 1775,40 |

Исследованиями установлено, что у коров первой и второй групп преобладала чашеобразная форма вымени, а у коров третьей группы преобладала ваннообразная форма вымени. От формы вымени зависит его внутренний объём, лучшее развитие молочных вен и железистой структуры вымени. Эти функциональные свойства вымени коров позволили животным третьей группы продемонстрировать самый высокий суточный удой молока. Животные третьей группы на 4,86 кг или 16,41 % превосходили коров первой группы и на 3,26 кг или 10,45 % соответственно превосходили коров второй группы по среднему суточному удою молока. По продолжительности доения коров и скорости молокоотдачи лидировали коровы третьей группы, коровы первой группы уступали животным второй и третьей групп. Интенсивность формирования молочной продукции характеризует коэффициент молочности, который показывает, сколько молока производит корова в расчёте на 100 кг собственной живой массы. По этому показателю коровы третьей группы превосходили коров первой группы на 96,84 кг или 5,97 % и коров второй группы на 100,46 кг или 6,21 % при $P > 0,95$ соответственно.

Известно, что организм высокопродуктивных животных способен изнашиваться быстрее, чем у животных средней и низкой продуктивности [10, 11]. В таблице 4 представлены показатели, характеризующие причины и возраст выбытия из стада.

Анализ таблицы показывает, что крупных высокопродуктивных коров выбывает из стада хозяйства больше, чем мелких, производящих меньше молочной продукции содержащей меньше молочного жира и белка. Вместе с этим следует отметить, что крупные коровы из третьей группы имели больший процент гинекологических заболеваний или яловости по сравнению с аналогами из второй и первой групп, но меньше выбывали из-за болезней вымени и травм. Крупные коровы из третьей и второй групп не имели инфекционных болезней в течение исследований и минимально подвергались неинфекционным патологиям. Животные третьей группы выбывали из молочного стада хозяйства в

старшем возрасте, чем животные первой и второй групп. Следовательно, высокая живая масса положительно влияет на увеличение продуктивного долголетия коров голштинской породы.

Таблица 4 - Причины выбытия коров из стада племенного завода СПК «Зимницкий»

| Показатели | Группы | | |
|---|--------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Выбыло коров за год, голов | 11 | 13 | 13 |
| Выбыло коров за год, % | 22,00 | 26,00 | 26,00 |
| Причины выбытия коров из стада: от количества выбывших, % | | | |
| гинекологические заболевания и яловость | 18,18 | 7,69 | 23,08 |
| болезни вымени | 36,36 | 38,46 | 30,77 |
| травмы, несчастные случаи | 9,09 | 7,69 | 7,69 |
| заболевания конечностей | 0 | 30,77 | 30,77 |
| Инфекционные заболевания всего, в т.ч. | | | |
| туберкулез | 9,09 | 0 | 0 |
| бруцеллез | 0 | 0 | 0 |
| лейкоз | 0 | 0 | 0 |
| Прочие причины и заболевания неинфекционной патологии | 27,28 | 15,39 | 7,69 |
| Средний возраст выбывших коров, отел | 4,3 | 4,2 | 4,7 |

Заключение. Исследование продуктивных и функциональных особенностей коров голштинской породы в племенном заводе СПК «Зимницкий» позволило установить, что коровы с живой массой от 605 кг и более имеют повышенный до 12268,00 кг удой молока за 305 дней лактации и лучшее качество молока, чем у коров с меньшей живой массой.

У крупных и высокопродуктивных коров чаще встречается ваннообразная форма вымени, выше интенсивность молокоотдачи и коэффициент молочности. У крупных коров реже болеет вымя, они реже травмируются и выбывают из стада из-за неинфекционных заболеваний. Крупные коровы устойчивы к инфекционным болезням, но подвержены гинекологическим патологиям, возможно из-за крупного приплода. Рекомендуем специалистам племенного завода СПК «Зимницкий» продолжать отбор коров голштинской породы на увеличение живой массы в сочетании с высокой молочной продуктивностью и хорошим качеством молока.

Список источников

1. Вильвер А.С. Влияние паратипических факторов на показатели молочной продуктивности коров в условиях промышленной технологии производства молока // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 2 (42). С. 11-16.
2. ГОСТ Р 57878-2017 Животные племенные сельскохозяйственные. Методы определения параметров продуктивности крупного рогатого скота молочного и комбинированного направлений. М.: Стандартинформ, 2020. 11 с.
3. Сводная ведомость бонитировки крупного рогатого скота голштинской породы племенного завода СПК «Зимницкий» Дубровский район Брянской области. Брянск, 2024. 22 с.
4. Гридин В.Ф., Гридина С.Л. Анализ причин выбраковки коров при различной молочной продуктивности // Вестник биотехнологии. 2021. № 2 (27). С. 10-17.
5. Федоров В.Х., Раскопа Н.И., Федюк В.В. Молочная продуктивность коров-дочерей быков - производителей голштинской породы, используемых в АПХ «Залесье» Калининградской области // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (45). С. 73-79.
6. Оценка молочной продуктивности дочерей импортных быков-производителей в условиях АО Племязавод «Заря» / Т.А. Гусева, И.В. Каешова, А.А. Наумов и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 1. С. 43-48.
7. Контэ А.Ф., Карликова Г.Г. Генетическая изменчивость показателей продуктивности и оценки экстерьера голштинских коров в зависимости от типа // Аграрный вестник Урала. 2021. № 9. С. 53-62.
8. Загороднев Ю.П., Конюхов С.А. Анализ причин выбытия коров из стада племязавода // Наука и образование. 2021. № 4. С. 21-29.
9. Горелик О.В., Лаврова Ю.Е., Белооков А.А. Причины выбытия коров в зависимости от происхождения // Аграрный вестник Урала. 2020. №01 (204). С. 36-45.

10. Мкртчян Г.В., Бакай Ф.Р. Корреляция между показателями количественных и качественных признаков молочной продуктивности у коров голштинской породы с разным уровнем белка в молоке // Вестник АПК Верхневолжья. 2023. № 1 (61). С. 90-96.

11. Санова З.С. Прогноз продуктивного долголетия голштинских коров по косвенным признакам // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 22-26.

12. Скворцов С.М., Шишкина Т.В. Продолжительность продуктивного использования и причины выбытия коров // Биология в сельском хозяйстве. 2021. № 4 (33). С. 17-21.

Информация об авторах

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

С.А. Трохачев - магистрант, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors

V.V. Krivopushkin - Candidate of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition, Private Animal Science and Processing of Livestock Products of Bryansk State Agrarian University, krivladv@mail.ru.

S.A. Trokhachev - Master's student, 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 14.10.2025, одобрена после рецензирования 17.11.2025, принята к публикации 31.11.2025.

The article was submitted 14.10.2025, approved after reviewing 17.11.2025, accepted for publication 31.11.2025.

© Кривопушкин В.В., Трохачев С.А.

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES
ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
(ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

Научная статья
УДК 629.033:631.41

**АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ГУСЕНИЧНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ И ПОЧВЫ**

**Владимир Павлович Лапик, Иван Петрович Адылин,
Павел Владимирович Лапик, Ольга Вячеславовна Кубаткина**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В данной статье представлены как, показатели определяющие воздействия гусеничных движителей с резиноармированными гусеницами на растительный покров и почвы, которые связаны с моделями свойств почвы, так и методики их оценки. Рассмотрено моделирование физико-механических свойств почвы с использованием моделей теории упругости при распределении давления движителя вдоль опорной поверхности гусеницы. Также установлено, что на почве со слабым поверхностным слоем для формирования достаточного движущего усилия очень важными для оценки негативного воздействия гусеничных движителей на почву являются коэффициент буксования δ и коэффициент скольжения при юзе s . Представлен анализ аналитических зависимостей для расчета среднего давления под опорной поверхностью гусеничного движителя. Для различных конструкций гусеничных движителей с эластичными опорными устройствами имеет место явление юза, которое является дополнительным сдвиговым воздействием на почву к буксованию. Представленные исследования являются очень важными для оценки негативного воздействия гусеничных движителей на почву.

Ключевые слова: гусеничный движитель, переувлажненные почвы, модуль деформации, буксование, опорное основание.

Для цитирования: Анализ и определение (исследование и выбор) оценочных показателей воздействия гусеничных движителей на растительный покров и почвы / В.П. Лапик, И.П. Адылин, П.В. Лапик, О.В. Кубаткина // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 48-53.

Original article

**ANALYSIS AND DETERMINATION OF EVALUATION INDICATORS OF THE IMPACT
OF TRACKED RUNNING GEAR SYSTEMS ON VEGETATION COVER AND SOIL**

Vladimir P. Lapik, Ivan P. Adylin, Pavel V. Lapik, Ol'ga V. Kubatkina
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. This article presents both indicators that determine the effects of tracked running gear with rubber-reinforced tracks on vegetation and soil, which are associated with models of soil properties, and methods for evaluating them. The modeling of the physico-mechanical properties of the soil using models of the theory of elasticity in the distribution of the pressure of the propulsor along the bearing surface of the track is considered. It has also been found that on soil with a weak surface layer, the slip coefficient δ and the slip coefficient s are very important for assessing the negative impact of tracked running gear on the soil. An analysis of analytical dependencies for calculating the average pressure under the supporting surface of the tracked running gear is presented. For various designs of tracked running gear with elastic support devices, the phenomenon of slipping occurs, which is an additional shear effect on the ground to slip. The presented researches are very important for assessing the negative impact of tracked running gear on the soil.

Keywords: tracked running gear, waterlogged soils, deformation modulus, slippage, bearing surface.

For citation: Analysis and determination of evaluation indicators of the impact of tracked running gear systems on vegetation cover and soil / Lapik V.P., Adylin I.P., Lapik P.V., Kubatkina O.V. // Vestnik of Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No.6 (112). pp. 48-53.

Введение. В современном агробизнесе применяют самоходные кормоуборочные комбайны, которые имеют как колесные, так и гусеничные движители.

По отношению к гусеничным машинам колесные в большей степени оказывают негативное воздействие на опорное основание. Помимо прочего колесные машины имеют низкую проходимость на

почвах со слабой несущей способностью (переувлажненных почвах) относительно гусеничных. Это может сильно отразиться на результативных экономических показателях, которые завязаны на агротехнических сроках возделывания и уборки культур. Уборочная техника с гусеничным двигателем в своей конструкции имеет резиноармированные ленты, которые на ряду с положительными качествами, имеют и отрицательные такие как увеличенная вибрация, повышение буксования, а на переувлажненных естественных травостоях высокие грунтозацепы уничтожают как травостой, так и корневую систему.

В связи с данным утверждением, необходимо определить машины с такими гусеничными системами, которые снизят негативное воздействие опорное основание и способны заготавливать корма на естественных кормовых угодьях пойменных лугов, которые обладают высоким питательным качеством и биологической ценностью за счет отлагающихся аллювиальных наносов (наилков) после продолжительного затапливания их талыми весенними водами. Заготовка кормов с пойменных лугов – это практически малозатратная технология (только на уборку), а травостой — это экологически чистые корма для животноводства.

Цель исследований. Для установления гусеничных машин способных заготавливать корма на естественных переувлажненных кормовых угодьях на начальном этапе необходимо определить такие показатели, которые определяют воздействия гусеничных движителей на растительный покров и почвы. В имеющихся научно-исследовательских работах и нормативно-технических документах приняты различные системы показателей воздействия гусеничного движителя на почву. Поэтому главной целью данных исследования является установление таких показателей, которые в конечном счете формируют комплексный критерий оценки движителя.

Материалы и методы. Аналитические исследования проводились путем изучения и анализа научно-исследовательских работ и нормативно-технической документации связанных с использованием самоходных машин на различных сельскохозяйственных операциях, в том числе и с различными гусеничными системами.

Результаты и обсуждение. Для оценки воздействия гусеничного движителя на почву в научно-технических исследовательских работах для различных условий эксплуатации рассматриваются различные показатели воздействия гусеничного движителя на почву. Рассмотрим некоторые из них с точки зрения соответствия основному требованию к критериям оценки, которое на современном научном языке обозначается термином «релевантность». Этот обобщенный термин на самом деле объединяет в себе целый ряд требований [1]: адекватность, значимость, существенность, актуальность, достаточность, пригодность, уместность, соответствие запросу.

Рассмотрим некоторые предлагаемые системы показателей воздействия гусеничного движителя на почву на предмет релевантности. При этом сразу отметим, что наиболее существенным отличительным признаком различных систем показателей является модель, которой описываются физико-механические свойства почвы. Для моделирования свойств почвы используются три подхода [2]: теория пластического деформирования и предельного состояния пластического тела с внутренним трением, теория упругости и комбинированные теории. Поскольку теоретическое описание напряженного состояния комбинированного упругопластического тела вызывает большие математические проблемы, в этом случае используются упрощенные графоаналитические полуэмпирические методы (в некоторых случаях оправдывающие себя). С моделями свойств почвы связаны и методики оценки показателей воздействия движителей на почву.

В работе Николая Евгеньевича Перегудова [3] и ряде других источников в качестве основного оценочного показателя негативного воздействия гусеничного трактора на почву является конечная плотность почвы после его прохода $\rho_{\text{кон}}$. Вторичными показателями, определяющими негативное воздействие трактора на почву автором выделяются:

- вертикальная деформация слоя $\lambda_{\text{верт}}$;
- сдвиговая деформация слоя $\lambda_{\text{гор}}$;
- объемная деформация слоя e ;
- коэффициент сопротивления качению $f_{\text{поч}}$ от прессования почвы;
- буксование движителей δ .

Указано, что в совокупности данные показатели более подробно описывают картину взаимодействия гусеничного движителя со слоем почвы для анализа процесса ее уплотнения.

Учитывается, что свойства почвы и силовые характеристики взаимодействия с ней гусеничного движителя меняются с каждым проходом опорного катка трактора. В отличие от большинства исследований, в данном случае принято, что сдвиговая деформация почвы изменяется линейно по глу-

бине слоя 20-25 см, а не сводится только к срезанию почвозацепами тонкого верхнего слоя, плотность почвы влияет в наибольшей степени.

В качестве оценочных показателей уплотняющего воздействия ходовых систем на почвенный слой различными авторами используются: среднее давление движителей $q_{\text{ср}}$, максимальное давление движителей $q_{\text{макс}}$, максимальное напряжение q_h в деформируемом слое на глубине h ; уплотняющий показатель воздействия U (кН/м) [4]; влажность, твердость, остаточная вертикальная деформация почвы [5] и др.

В работе [6] для оценки экологичности движителя используется два критерия:

- вертикальное давление на опорное основание P ;
- касательное напряжение τ .

Результирующее суммарное напряжение, вызванное сжатием (от вертикального давления P) и сдвигом грунта (касательное напряжение вследствие буксования τ), не должно превысить несущую способность почвы:

$$\sigma = \sqrt{p^2 + \tau^2} \quad . \quad (1)$$

Также напряжение сдвига не должно превысить прочность почвы на срез τ_{max} .

Исследована также глубина колеи, которая принимается зависящей от модуля деформации почвы. Известно, что модуль деформации, в отличие от модуля упругости учитывает как упругую составляющую деформации, так и пластическую [7]. Поэтому такую модель можно назвать комбинированной и полуэмпирической.

В работах Добрецова Р.Ю. [8] при рассмотрении путей снижения воздействия на грунт движителя со звенчатой гусеницей перечислены типичные виды воздействия, оказываемого гусеничным шасси на почву: «уплотнение грунта при движении машины, образование колеи, срыв грунта при передаче тягового усилия и при пассивном качении движителя; срез, смятие грунта при повороте».

Указано, что оптимум относительно требований, предъявляемым к движителям и уровнем негативного воздействия на опорное основание достигается исключительно комплексным подходом в проектировании конструкции движителя.

Наиболее значительное разрушающее воздействие гусеничный движитель транспортного средства оказывает на грунты со слабым поверхностным слоем, основная особенность которых - наличие мощного подстилающего слоя.

Отсюда следует формулировка задачи: прочность дернового покрова должна обеспечивать неповреждающее воздействие опорной поверхности только в пределах упругих деформаций почвы. Любые технические решения по экологически безопасному движителю должны удовлетворять этому основному требованию. В обратной постановке: технические характеристики машины должны иметь параметры по уплотнению и сдвигу почвы не выше ее прочностных свойств.

ГОСТ Р 58655-2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву» определяет допустимое максимальное нормальное давление на почву мобильных сельскохозяйственных машин в зависимости от её физико-механического состава и влажности, безотносительно к способу и глубине определения давления, где глубина должна быть 20 см (в старых версиях ГОСТ - на глубине 15 см). Модель почвы, в данном случае, является упруго-деформируемой среды с использованием эталонного образца грунта, представляющего собой песок, укатанный движителем испытываемой техники.

Здесь учтено, что каждое звено гусеницы оставляет свой отдельный отпечаток на поверхности почвы, причем под средней частью звена и вблизи шарнира напряжения в почве будут различными. Датчики давления, установленные под разными частями звена, будут в процессе прохождения над ними опорных катков движителя «записывать» различные эпюры распределения давления под опорной частью гусеницы (и соответственно давать различные значения максимального давления). Поэтому ГОСТ предусматривает методику определения давления на почву с помощью четырех датчиков, попадающих под различные точки по длине звена, взятые с интервалом в четверть его длины. Затем определяется среднеарифметическая величина из этих четырех показаний.

Наличие волн на почве после прохождения гусеничного движителя, длина которых кратна длине звена гусеницы, отмечается и в работах [8]. Там отмечается и наблюдение волн длиной, кратной длине опорной части гусеницы.

ГОСТ 26954-2019 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод определения максимального нормального напряжения в почве» устанавливает метод определения нормальных вертикальных напряжений в почве в зависимости от нормального давления на её поверхности и глубины. При этом в качестве стандартной глубины принята глубина $h = 50$ см. Используется формула зависимости

$\sigma(h)$, не учитывающая тип и влажность почвы, заимствованная из теории деформирования линейно упругих тел. Рассчитывается давление на глубине h под центральной точкой прямоугольной площади контакта длиной $2a$ и шириной $2b$ при равномерно распределенном по поверхности контакта давлении (за которое принимается среднее давление под опорной поверхностью гусеничного движителя, умноженное на коэффициент неравномерности, \bar{q}). В несколько преобразованной форме эта зависимость имеет вид:

$$\sigma_z(h) = \frac{2}{\pi} \bar{q} \left[\arcsin\left(\frac{ab}{\sqrt{a^2 + h^2} \sqrt{b^2 + h^2}}\right) + \frac{hab(a^2 + b^2 + 2h^2)}{(a^2 + h^2)(b^2 + h^2)\sqrt{a^2 + b^2 + h^2}} \right] \quad (2)$$

В дальнейшем будем ориентироваться на использование моделей теории упругости при рассмотрении распределения давления движителя вдоль опорной поверхности гусеницы. При рассмотрении деформирования почвы в поперечной плоскости и формирования колеи будем ориентироваться на модель пластического тела. Такое разделение моделей почвы объясняется малым отношением ширины опорной части гусеницы к её длине. При определении вертикальных напряжений в почве на различной глубине следует учитывать, что при наличии жесткого подстилающего слоя выпирание почвы из-под гусеницы происходит преимущественно не вверх, а в стороны - по горизонтали. При этом вертикальные напряжения в деформируемом слое изменяются с глубиной не по зависимости (2), а могут быть постоянными и даже несколько возрастать [2]. В то же время, при этом увеличивается ширина участка деформируемого слоя, воспринимающего давление движителя (за счет выпирания почвы в стороны от гусеницы), и в целом вертикальные напряжения уменьшаются по сравнению с рассчитанными по отношению веса машины к опорной площади. В целом необходимо придерживаться методики, изложенной в ГОСТ.

Что касается показателя уплотнения почвы, то для его определения нужно знать три напряжения: σ_z , σ_x и σ_y . Первое из этих напряжений не зависит от коэффициента Пуассона материала, второе - зависит от него [2], а третье вообще должно определяться согласно теории пластического деформирования. Для уплотненных грунтов с высокой несущей способностью, на которых устраиваются фундаменты сооружений, коэффициент Пуассона принимается равным 0,3 - 0,4 [2,7]. Каким можно принимать значение этого коэффициента для почв со слабой несущей способностью - неизвестно. Таким образом, этот показатель на стадии теоретического исследования определить не представляется возможным.

Такой показатель, как глубина колеи можно применять к рыхлым песчаным почвам (наиболее соответствующим модели пластической деформации сыпучей среды с сухим внутренним трением), либо переувлажненным глинистым, обладающим высокой текучестью, в отсутствие жесткого подстилающего слоя и мощного дернового слоя. Обычно только в этих случаях имеется четко выраженная колея. Однако в этих же случаях имеется и четкая линейная зависимость глубины колеи от давления на почву. Поэтому такой показатель является избыточным, но фиксироваться наличие колеи должно. Согласно концепции «экологичного движителя», колея на почвах со слабой несущей способностью вообще не должна образовываться [8].

Наконец, рассмотрим такие показатели, как касательные напряжения в почве и буксование. В рассмотренных выше стандартах эти показатели отсутствуют. Буксование как показатель тягово-сцепных свойств движителя (скорее, как показатель устойчивости сцепления движителя с почвой) рассматривается в ГОСТ 30745 - 2001 «Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей». Причем буксование определяется косвенным путем, через разницу между номинальной и фактической скоростей перемещения трактора. Непосредственно буксование фактически никем не измерялось, видимо потому, что нет общей теории этого процесса для разных типов гусеничных движителей. Более-менее хорошо этот процесс теоретически изучен применительно к движителям со звенчатыми гусеницами с высокими грунтозацепами [8]. В то же время, установлено, что при относительно небольшой крюковой нагрузке (до $P_{кр} = 0,1G$, где G - сцепной вес машины) параллельно с буксованием на некотором участке опорной части гусеницы, на другом её участке имеет место юз, т. е. смещение звеньев гусеницы относительно опорной поверхности в направлении движения трактора [8]. Особенно это характерно для рыхлых сыпучих грунтов и недеформируемого опорного основания (жесткой дороги при скоростях движения 1-10 м/с. Наличие юза объясняется «механизмом шагания траков» - траки бегут волной вперед, по направлению движения трактора. Здесь играет роль и образование волн на поверхности колеи, и неустойчивость положения траков, опирающихся на грунтозацепы.

На рисунке 1 показано распределение смещения звеньев гусеницы на участке юза и участке буксования (а) и при наличии только буксования в случае большой крюковой нагрузки (б) [8]. Через T обозначено натяжение гусеницы, R_0 - движущая сила.

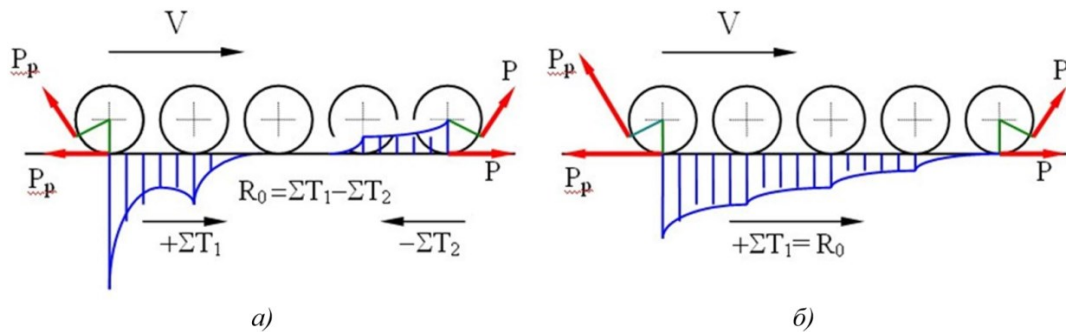


Рисунок 1 - Схема формирования движущего усилия при взаимодействии гусеничного движителя с опорным основанием при наличии (а) и отсутствии юза (б) [8]

На почве со слабым поверхностным слоем для формирования достаточного движущего усилия необходим и большой коэффициент буксования δ , и большой коэффициент скольжения при юзе s . Чем больше юз, тем больше буксование. Юз - это дополнительное к буксованию сдвиговое воздействие на почву. Очевидно, эти два показателя являются очень важными для оценки негативного воздействия гусеничных движителей на почву. К сожалению, измерение разности между номинальной и фактической скоростями перемещения трактора дает только разность коэффициентов δ и s , а для оценки воздействия на почву нужно знать их сумму. Поэтому снова встает вопрос о методике непосредственного измерения смещения звеньев гусеницы относительно опорного основания (дороги или почвы). Кроме того, необходимы отдельные теоретические исследования явления юза.

При настоящем уровне изученности этого вопроса использовать такой показатель, как касательные напряжения в почве, при количественной теоретической оценке негативного воздействия на почву гусеничного движителя определенной конструкции, являются также важным оценочным показателем, поэтому необходимо выполнить исследования качественной оценки данного показателя.

Выводы. Анализ приведенных показателей оценки гусеничных движителей показал, что при моделировании физико-механических свойств почвы целесообразно использование моделей теории упругости при рассмотрении распределения давления движителя вдоль опорной поверхности гусеницы. При рассмотрении деформирования почвы в поперечной плоскости и формирования колеи нужно ориентироваться на модель пластического тела.

При определении вертикальных напряжений в почве на различной глубине следует учитывать, что при наличии жесткого подстилающего слоя выпирание почвы из-под гусеницы происходит преимущественно не вверх, а в стороны - по горизонтали. При этом вертикальные напряжения в деформируемом слое не уменьшаются с глубиной, а могут быть постоянными и даже несколько возрастать. В то же время, при этом увеличивается ширина участка деформируемого слоя, воспринимающего давление движителя (за счет выпирания почвы в стороны от гусеницы), и в целом вертикальные напряжения уменьшаются по сравнению с рассчитанными по отношению веса машины к опорной площади.

Такой показатель, как глубина колеи является избыточным, но фиксироваться наличие колеи должно, т.к. согласно концепции «экологичного движителя», колея на почвах со слабой несущей способностью вообще не должна образовываться.

На почве со слабым поверхностным слоем для формирования достаточного движущего усилия необходим и большой коэффициент буксования δ , и большой коэффициент скольжения при юзе s . Эти два показателя являются очень важными для оценки негативного воздействия гусеничных движителей на почву, но стоит вопрос о методике непосредственного измерения смещения звеньев гусеницы относительно опорного основания (дороги или почвы).

Для различных конструкций гусеничных движителей с эластичными опорными устройствами необходимы отдельные теоретические исследования явления юза.

Список источников

1. Ким М.С. Ким В.Х. Основы механики грунтов: учеб. пособие. Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 200 с.
2. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т. 1. Л.-М.: Госстройиздат, 1959. 356 с.
3. Носов С.В., Перегудов Н.Е. Оценка уплотняющего воздействия и эксплуатационных характеристик гусеничного трактора на основе реологического подхода // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89, № 1. С. 43-51.
4. Computing the pressure of agricultural tractors on soil and mapping its compaction / I.P. Adylin, A. Comparetti, C. Greco et al. // Dokuchaev Soil Bulletin. 2024. No. 120. P. 136-163.

5. Парлюк Е.П. Повышение надежности силовых установок в условиях граничного // Чтения академика В.Н. Болтинского: семинар, 20-21 января 2021 года. М.: ООО "Сам Полиграфист", 2021. С. 27-33.
6. Валге А.М. Оптимизация параметров почвообрабатывающего агрегата // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2020. № 1 (102). С. 49-55.
7. Чемшикова Ю.М. Снижение отрицательного воздействия гусеничных вездеходов лесного хозяйства и лесозаготовок на лесные почвогрунты: дис. ... канд. техн. наук. Ухта, 2019. 153 с.
8. Экспериментальные исследования тяговых характеристик колесного энергетического средства / Е.В. Маршанин, А.В. Михайлов, А.А. Бутенко, Е.Е. Кузнецов // Аграрный научный журнал. 2025. № 3. С. 119-128.

Информация об авторах:

В.П. Лапик - доктор технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, v.p.lapick@mail.ru.

И.П. Адылин - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

П.В. Лапик - инженер, АО «Транснефть Дружба».

О.В. Кубаткина - старший преподаватель кафедры автоматизации, физики и математики ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

V.P. Lapik - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Systems in Agribusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, v.p.lapick@mail.ru.

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

P.V. Lapik - Engineer, Transneft Druzhba JSC.

O.V. Kubatkina - Senior Lecturer at the Department of Automation, Physics and Mathematics, 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 14.08.2025, одобрена после рецензирования 15.09.2025, принята к публикации 12.10.2025.

The article was submitted 14.08.2025, approved after reviewing 15.09.2025, accepted for publication 12.10.2025.

© Лапик В.П., Адылин И.П., Лапик П.В., Кубаткина О.В.

Научная статья
УДК 539.163:635.5

ПРОЯВЛЕНИЕ ВЗАИМОЗАМЕСТИМОСТИ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ САЛАТА

¹Елена Николаевна Ракутько, ²Александр Николаевич Васькин

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия

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

Аннотация. Разработка научных основ и практических методов управления светокulturой представляет собой перспективное направление исследований, нацеленное на оптимизацию энергоэффективности и экологических показателей аграрного производства. В основе данного исследования лежит комплексный анализ корреляционных связей между энергетическими характеристиками оптического излучения и фотосинтетической активностью растительных организмов. Следует подчеркнуть, что выявленные закономерности формируют теоретический базис для становления нового междисциплинарного научного направления - энергоэкологии светокультуры, интегрирующего подходы физической оптики, физиологии растений и агротехнологий. Полученные результаты открывают широкие перспективы для разработки инновационных методов оптимизации условий культивирования сельскохозяйственных культур. Эксперимент проводился в лабораторных условиях при отсутствии естественного освещения. В четырёх зонах помещения были установлены светодиодные облучатели, обеспечивающие заданную дозу облучения $H = ET$ при постоянном спектральном составе. Уровни облученности (E) составляли 12,5; 15; 20 и 30 Вт·м⁻², а значения фотопериода (T) - 24, 20, 15 и 10 часов. Спектральный состав излучения поддерживался в соотношении: синий k_B (400-500 нм) - 30%, зелёный k_G (500-600 нм) - 20%, красный k_R (600-700 нм) - 50%. У растений одного возраста регистрировали количество и геометрические размеры листьев, которые группировали по порядку их появления. Площадь листовой поверхности определяли по эмпирической формуле, полученной в предварительных опытах. Были предложены модели зависимости площади листьев от условий освещения. Установлено, что при одинаковой общей дозе облучения растения салата имеют статистически неразличимую продуктивность по сырой массе. Отклонения от закона взаимозаместимости не превышали 6,1%, при среднем значении относительной ошибки 2,7%. Зависимость точности соблюдения закона от величины дозы или её компонентов (облученности или фотопериода) не выявлена.

Ключевые слова: светокultura, закон взаимозаместимости, энергоэкология, облученность, фотопериод, доза, площадь листьев.

Для цитирования: Ракутько Е.Н., Васькин А.Н. Проявление взаимозаместимости составляющих дозы облучения в светокультуре салата // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 54-60.

Original article

MANIFESTATION OF RECIPROCITY OF RADIATION DOSE COMPONENTS IN LIGHT CULTURE OF LETTUCE

¹Yelena N. Rakut'ko, ²Alexandr N. Vas'kin

¹ Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IAEP) - Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of VIM, Saint-Petersburg, Russia

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

Abstract: A development of scientific foundations and practical methods for managing light culture is a promising area of research aimed at optimizing energy efficiency and environmental indicators of agricultural production. This research is based on a comprehensive analysis of correlations between the energy characteristics of optical radiation and the photosynthetic activity of plant organisms. It should be emphasized that the identified patterns form the theoretical basis for the development of a new interdisciplinary scientific field - energy ecology of light culture, integrating approaches from physical optics, plant physiology and agricultural technology. The obtained results open up broad prospects for the development of innovative methods for optimizing the conditions for cultivating crops. The experiment was conducted in the laboratory conditions in the absence of natural light. LED illuminators were installed in four zones of the room, providing a specified irradiation dose $H = ET$ with a constant spectral composition. Irradiance levels (E) were 12.5; 15; 20, and 30 W m⁻², and photoperiods (T) were 24, 20, 15, and 10 hours. The spectral composition of the radiation was maintained at the following ratio: blue k_B (400-500 nm) - 30%, green k_G (500-600 nm) - 20%, red k_R (600-700 nm) - 50%. The number and geometric dimensions of leaves were recorded for plants of the

same age, which were grouped according to the order of their appearance. The leaf surface area was determined using an empirical formula obtained in preliminary experiments. Models of the dependence of leaf area on lighting conditions were proposed. It was found that, with the same total radiation dose, lettuce plants exhibit statistically indistinguishable productivity in terms of fresh weight. Deviations from the reciprocity law did not exceed 6.1%, with an average relative error of 2.7%. The dependence of the accuracy of compliance with the law on the dose or its components (irradiation or photoperiod) was not detected.

Keywords: light culture, reciprocity law, energy ecology, irradiance, photoperiod, dose, leaf area.

For citation: Rakut'ko Ye.N., Vas'kin A.N. Manifestation of Reciprocity of Radiation Dose Components in Light Culture of Lettuce// Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. №6 (112): pp.54-60.

Введение. Оптическое излучение $H(t)$ занимает ключевую долю в структуре затрат при выращивании культур. Между тем свет дает возможности оптимизации цикла фотосинтеза в растениях $D(t)$. Регулируют интенсивность, длительность и спектр, управляя морфогенезом и продуктивностью. Например, соотношение синего и красного перестраивает архитектуру листьев. Однако избыточная яркость повышает энергопотребление без эквивалентной прибавки биомассы.

В светокультуре возрастает значение изучения закономерностей проявления закона Бунзена-Роско. Впоследствии анализ механизмов взаимозаместимости факторов освещения позволяет выстраивать режимы с минимальным энергопотреблением. В целом упомянутая база поддерживает разработку энергоэффективных и экологических технологий промышленного растениеводства [1,2,3].

Закон взаимозаместимости, установленный при исследовании фотохимических процессов, описывает зависимость отклика объекта от произведения двух ключевых параметров — интенсивности излучения E и времени его действия T т.е. дозой $H=ET$. При обратно пропорциональном изменении указанных величин доза, характеризующая суммарный эффект облучения, остаётся постоянной. Например, уменьшение облучённости вдвое нейтрализуется двукратным увеличением продолжительности фотопериода, что приводит к тому же конечному результату [4,5].

Исследуемую закономерность обнаруживают при протекании первичной фотохимической реакции без вторичных процессов и ингибирования, включая влияние образующихся продуктов на общую скорость превращений. Математическое выражение закона для площади листьев растений в светокультуре будет иметь вид:

$$\begin{cases} S_1(H) = S_2(H) = const \\ H = E_1 T_2 = E_2 T_1 \end{cases} \quad (1)$$

Известно явление нарушения закона взаимозаместимости, при котором:

$$S_1(H) \neq S_2(H) \quad (2)$$

Проведённый анализ показал, что величина экспозиции не обеспечивает точного прогноза ответной реакции объекта. Ранее выполненные эксперименты были направлены на проверку соблюдения принципа взаимозаместимости, при которой ключевым критерием выступала сырая масса [6,7]. Однако фиксируемая зависимость оставалась неполной, что требовало осторожной интерпретации полученных откликов.

Цель работы - выявление степени соответствия площади листовой поверхности салата в светокультуре закону взаимозаместимости составляющих дозы облучения

Материалы, методы и объекты исследования. Указанный закон трактует равнозначность показателей площади листовой поверхности при одинаковых дозах облучения H , где H определяется произведением интенсивности светового потока E на длительность фотопериода T . При матричном анализе $H(T, E)$ критерием строгого выполнения закона выступает симметрия значений относительно диагональной оси; при зеркальном отображении верхняя и нижняя части матрицы должны давать полностью совпадающие величины площади листьев.

Экспериментальная часть исследования была организована на материале салата Афицион (*Lactuca Sativa* L.). Исследователи выбрали культуру из за высокой потребительской востребованности в холодный сезон. На продуктивность в наибольшей мере влияет площадь листовой поверхности, что учитывали при планировании опытов.

Семена высевали в агроперлитный субстрат, после чего на фазе первого настоящего листа проводили пикировку. Пересаженные растения размещали в горшках PR-360, заполненных агроперлитом; в каждом находились по три экземпляра. Выращивание продолжали на поддонах под непрерывным освещением натриевыми лампами, где подавали питательный раствор ($EC=1,6$ мСм·см⁻¹). По достижении стадии третьего настоящего листа растения переносили в лабораторные гидропонные установки корнчатого типа. Затем культивирование продолжали уже в гидропонных системах указанной конструкции [8,9].

Субстрат формировали путем смешивания верхового торфа с перлитом в пропорции 2:1. Торф отличался низкой степенью разложения - около 10%, высоким содержанием органического вещества - до 95%, при зольности 10%. Исходный pH равнялся 3,8; для доведения до оптимального диапазона 6,0-6,2 применяли агромел.

Питательность обеспечивали комплексом минеральных удобрений, рассчитанным на массу торфа. На каждый килограмм вносили 0,5 г калийной селитры (KNO_3), 0,3 г монокалийфосфата (KH_2PO_4) и 0,5 г сульфата магния (MgSO_4). В целом такая схема покрывает потребности по основным макроэлементам. Между тем дозировки заданы с учетом исходной зольности. Например, доля калия и фосфора согласована с кислотностью после известкования.

Для насыщения субстрата микроэлементами готовили концентрат. В одном литре воды растворяли борную кислоту H_3BO_3 - 2,86 г, сульфат марганца MnSO_4 - 1,8 г, сульфат меди CuSO_4 - 0,08 г и молибденовокислый аммоний $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 0,1 г. Рабочую смесь получали разведением 1 мл указанного концентрата на литр воды. Впоследствии полученный раствор использовали для полива или увлажнения субстрата.



Рисунок 1 - Размещение растений салата на гидропонной установке

Формирование питательных растворов осуществлялось на основе комплексного сочетания макро- и микроэлементов, применяемых в промышленном тепличном производстве. При этом учитывались физиологические особенности и потребности культуры в минеральном питании. Мониторинг концентраций элементов питания и их своевременная корректировка проводились для каждого экспериментального варианта с использованием высокоточного аналитического оборудования — кондуктометра DISTWP4, pH-метра-иономера модели «Эксперт-001» и спектрофотокалориметра ПЭ5400В, что обеспечивало надежную воспроизводимость условий эксперимента.

В качестве субстрата для культивирования салата в условиях проточной гидропоники был выбран гранулированный агроперлит, характеризующийся практически нулевой ионообменной емкостью и низким объемным весом ($94\text{--}117 \text{ кг/м}^3$). Данный материал отличается высокими показателями пористости (65-82%), при этом его электропроводность не превышает 0,2, а значения pH находятся в диапазоне 6,5-7,5.

Эксперимент проводили в изолированной лаборатории при контролируемых параметрах среды. Кондиционирование воздуха поддерживало устойчивый температурный режим $+22 - +24 \text{ }^\circ\text{C}$. Параметры микроклимата удерживали на оптимальном уровне: относительная влажность составляла 55 - 60%, скорость движения воздуха находилась в пределах $0,05 - 0,25 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Конструкцию установки разделили на четыре экспериментальные зоны, оснащенные светодиодными облучателями с индивидуально настроенными режимами излучения. В ходе опытов изменяли два ключевых параметра: облученность с уровнями $E=12,5; 15; 20; 30 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ при значениях фотопериода $T=24; 20; 15; 10 \text{ ч}$.

В процессе экспериментального исследования осуществлялась корректировка уровня облученности посредством варьирования дистанции между источниками светового излучения и апикальными частями растений в различных зонах экспериментального помещения. В качестве осветительных приборов использовались специализированные модульные конструкции — светодиодные панели с интегрированной системой термического регулирования, выполненные на алюминиевой основе с радиаторной функцией (габаритные размеры $1,0 \times 0,25 \text{ м}$). Оснастку формировали светодиоды ARPL-Star-3W, их численность выбрали по задачам исследования, а электропитание подавали через блоки HTS-200M-12 для стабильности режима работы системы.

Спектральные характеристики источников света обеспечивались комбинацией трех типов светодиодов. Применялись синие 460 нм (полуширина пика 25 нм), зеленые 516 нм (полуширина 45 нм) и красные 633 нм (полуширина 21 нм). Спектральный состав регулировали изменением тока для каждого типа.

Во всех осветительных приборах поддерживали энергетическое распределение потоков в пропорции 30/20/50. Доли приходились на синий, зеленый и красный участки спектра соответственно.

Точность распределения оценивали по среднеквадратическому отклонению, не превышавшему 2,3% от установленных величин. Полученное значение укладывалось в требуемые пределы. В целом полученная конфигурация позволяла стабильно воспроизводить требуемый спектр.

Растения для оценки биометрических параметров отбирали в центральной зоне посадок. Там поддерживалась равномерная освещённость, отклонение не выше 20%. Тем самым повышали корректность измерений.

В работе использовали интегральную модель, описывающую динамику вегетативного развития растений. Анализ прослеживал изменения массы и площади каждого листового органа на протяжении полного цикла культивации. Протокол исследования предусматривал объединение листьев одной возрастной когорты в последовательности их закладки на стебле, что обеспечивало сопоставимость наблюдений. В процессе проведения экспериментальных исследований осуществлялась детальная фиксация морфометрических показателей фотосинтетического аппарата растений. При этом особое внимание уделялось количественной оценке следующих параметров: общему числу листьев на исследуемом экземпляре, максимальной протяженности листовой пластины вдоль центральной жилки, а также наибольшему поперечному размеру каждого отдельного листа — что позволило получить комплексную характеристику листового аппарата изучаемых растений.

Суммарная площадь листовой поверхности растений салата определялась с высокой степенью достоверности посредством математической формулы, полученной в ходе предварительных экспериментальных исследований. Данный методологический подход — апробированный в серии предшествующих опытов — позволил обеспечить требуемую точность измерений при минимизации временных затрат на проведение анализа. Следует отметить, что использованный алгоритм расчета базируется на установленных корреляционных зависимостях между морфометрическими показателями листового аппарата исследуемой культуры.

$$S = \sum_{n=1}^N k_n A_n B_n, \quad (3)$$

где k_n - коэффициент формы n -го листа.

В рамках проведенной экспериментальной серии осуществлялась комплексная оценка суммарной площади листового аппарата при вариативных комбинациях параметров облученности и фотопериодического режима. Исследование охватывало четыре фундаментальных несовместимых состояния системы - S_{11} (соответствующее уровню облученности E_1 и фотопериоду T_1), S_{21} (при значениях E_2 и T_1), S_{12} (характеризующееся параметрами E_1 и T_2), а также S_{22} (при сочетании факторов E_2 и T_2). На основе результатов построили интерполяционные зависимости $S=f(E)$ при фиксированном $T=const$, что позволило вычислить S_{e1} и S_{e2} . Затем при постоянной облученности $E=const$ проанализировали связи $S=f(T)$ и определили промежуточные показатели S_{1t} , S_{et} и S_{2t} . Вычисленные величины сведены в таблицу 1, где отражены взаимозаменяемые компоненты дозы облучения.

Таблица 1. К методике вычисления площади листьев при взаимозаменяемых значениях составляющих дозы

| Фотопериод T | Облученность E | | |
|----------------|------------------|----------|----------|
| | E_1 | e | E_2 |
| T_1 | S_{11} | S_{e1} | S_{21} |
| t | S_{1t} | S_{et} | S_{2t} |
| T_2 | S_{12} | S_{e2} | S_{22} |

В сравнительном эксперименте анализировали листовые пластины площадей S_1 и S_2 , получавшие одинаковую дозу облучения H . Эквивалентность доз обеспечивалась равенством произведений энергетической освещённости и времени экспозиции: $E_1 T_2 = E_2 T_1$. Пары параметров, удовлетворяющие приведённому соотношению, в матрице результатов располагались симметрично относительно главной диагонали.

Результаты исследования. На представленных рисунках 2 и 3 отражены корреляционные связи между площадью листовой поверхности и такими ключевыми факторами внешней среды, как интенсивность светового потока и продолжительность фотопериода. Данные графические зависимости — являющиеся результатом экспериментальных наблюдений — наглядно демонстрируют характер влияния указанных параметров на развитие ассимиляционного аппарата растений. При этом следует подчеркнуть, что полученные корреляции носят нелинейный характер, что свидетельствует о комплексном характере фотоморфогенетических реакций исследуемых образцов.

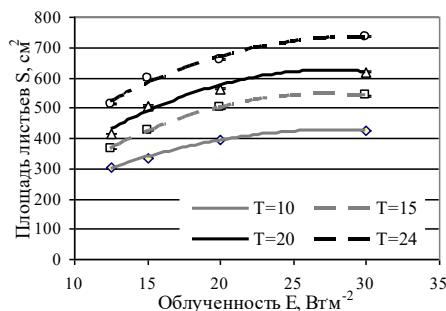


Рисунок 2 - Зависимости площади листьев от облученности

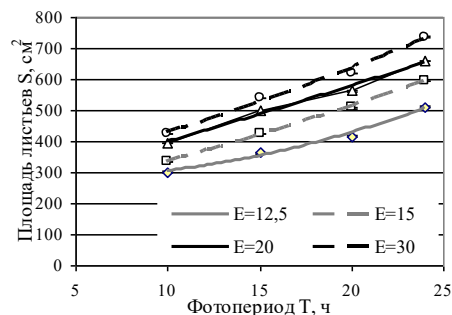


Рисунок 3 - Зависимости площади листьев от фотопериода

Расчеты по методу наименьших квадратов позволили определить коэффициенты полиномов второй степени. Выбор степени полинома обусловлен плавным профилем полученных кривых аппроксимации. При фиксированных значениях фотопериода T ч. удалось получить аппроксимационные выражения, описывающие зависимость площади листьев S , см² от уровня облученности E , Вт·м⁻².

$$S = -0,516E^2 + 29,063E + 17,678 \text{ при } T=10 \text{ ч } (R^2 = 0,9980),$$

$$S = -0,813E^2 + 44,469E - 62,316 \text{ при } T=15 \text{ ч } (R^2 = 0,9984),$$

$$S = -0,862E^2 + 47,528E - 31,493 \text{ при } T=20 \text{ ч } (R^2 = 0,9706),$$

$$S = -0,728E^2 + 43,198E + 95,333 \text{ при } T=24 \text{ ч } (R^2 = 0,9857).$$

Аппроксимационные формулы для зависимости площади листьев S , см² от фотопериода T , ч. при фиксированных значениях облученности E , Вт·м⁻²

$$S = 0,544T^2 - 4,097T + 292,17 \text{ при } E=12,5 \text{ Вт·м}^{-2} (R^2 = 0,9877),$$

$$S = 0,144T^2 + 13,445T + 186,78 \text{ при } E=15 \text{ Вт·м}^{-2} (R^2 = 0,9983),$$

$$S = 0,067T^2 + 16,002T + 231,59 \text{ при } E=20 \text{ Вт·м}^{-2} (R^2 = 0,9887),$$

$$S = 0,231T^2 + 13,684T + 269,25 \text{ при } E=30 \text{ Вт·м}^{-2} (R^2 = 0,9909).$$

Данные зависимости построены непосредственно по полученным экспериментальным данным.

Аппроксимационные формулы для зависимости площади S , см² от облученности E , Вт·м⁻² при промежуточных значениях фотопериода T , ч.

$$S = -0,695T^2 + 38,027T - 39,174 \text{ при } T=12,5 \text{ ч } (R^2 = 0,9992),$$

$$S = -0,868T^2 + 47,405T - 62,183 \text{ при } T=17,5 \text{ ч } (R^2 = 0,9874),$$

$$S = -0,815T^2 + 46,371T + 23,322 \text{ при } T=22 \text{ ч } (R^2 = 0,9817).$$

Установленные функциональные зависимости были определены для значений фотопериодического режима, которые, хотя и не были непосредственно реализованы в экспериментальных условиях, тем не менее являются необходимыми компонентами при формировании взаимозаменяемых комбинаций параметров. Данный методологический подход — как показывает анализ полученных результатов — позволяет осуществить комплексную оценку исследуемых показателей с учетом их потенциальной вариативности.

Полученные значения площади листьев приведены в табл. 2.

Таблица 2. Интеполированные значения S листьев для взаимозаменяемых сочетаний T и E

| Фотопериод T , ч | Облученность E , Вт·м ⁻² | | | | | |
|--------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 12,5 | 15 | 17,5 | 20 | 22 | 24 |
| 12,5 | 326,09 | 377,47 | 413,45 | 442,08 | 461,04 | 473,15 |
| 15 | 364,00 | 426,00 | 466,79 | 499,56 | 522,32 | 536,42 |
| 17,5 | 387,34 | 466,42 | 501,49 | 532,14 | 560,47 | 575,40 |
| 20 | 416,19 | 508,00 | 536,26 | 564,00 | 596,92 | 612,67 |
| 22 | 465,75 | 552,66 | 585,16 | 616,06 | 648,93 | 666,67 |
| 24 | 512,49 | 595,07 | 628,16 | 660,00 | 693,05 | 712,41 |

Таблица 3 содержит анализ взаимосвязи дозовых нагрузок и морфометрических параметров листьев. Для сопоставления использовали пары значений с равными дозовыми характеристиками $E_1T_2=E_2T_1$. Пары расположены симметрично относительно главной диагонали таблицы 2. Тем самым соблюдается принцип зеркального сравнения.

Для каждой пары определяли площади листьев $S1$ и $S2$. Далее вычисляли абсолютные значения разницы площади листьев $\Delta=S1-S2$, и ее относительные значения $\delta=100|\Delta|/S1$. При оценке относительных отклонений применяли модуль разности площадей, поскольку направление расхождения не

влияло на точность измерений. Выбор модульных величин исключал компенсацию разнонаправленных ошибок. Описанная процедура обеспечивала корректную проверку согласованности измерений.

Таблица 3. Численная оценка соблюдения закона взаимозаменяемости

| Доза H , Вт·ч·м ⁻² | S_1 | S_2 | Абс. ошибка Δ , г | Отн. ошибка δ , % |
|---------------------------------|--------|--------|--------------------------|--------------------------|
| 187,50 | 364,00 | 377,47 | 13,47 | 4,0 |
| 262,50 | 466,42 | 466,79 | 0,37 | 5,3 |
| 350,00 | 536,26 | 532,14 | -4,12 | 0,3 |
| 440,00 | 616,06 | 596,92 | -19,15 | 0,1 |
| 528,00 | 693,05 | 666,67 | -26,38 | 1,6 |
| 218,75 | 387,34 | 413,45 | 26,12 | 4,2 |
| 300,00 | 508,00 | 499,56 | -8,44 | 5,9 |
| 385,00 | 585,16 | 560,47 | -24,69 | 6,1 |
| 480,00 | 660,00 | 612,67 | -47,33 | 1,9 |
| 250,00 | 416,19 | 442,08 | 25,89 | 0,5 |
| 330,00 | 552,66 | 522,32 | -30,35 | 4,4 |
| 420,00 | 628,16 | 575,39 | -52,77 | 3,4 |
| 275,00 | 465,75 | 461,04 | -4,71 | 0,7 |
| 360,00 | 595,07 | 536,42 | -58,65 | 2,5 |
| 300,00 | 512,49 | 473,15 | -39,33 | 3,6 |

Представленная на рисунке 4 зависимость, отражающая корреляцию между площадью листовой поверхности и суточной дозой радиационного воздействия, базируется на анализе значений, расположенных по главной диагонали промежуточной таблицы измерений. Данная графическая интерпретация наглядно демонстрирует характер взаимосвязи исследуемых параметров, что позволяет сделать выводы об их функциональном соотношении. Зависимость имеет линейный характер при высоком значении коэффициента корреляции.

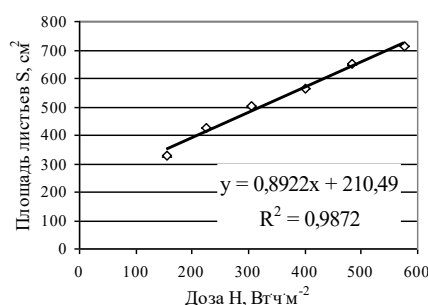


Рисунок 4 - Зависимость площади листьев от суточной дозы облучения

Выводы.

В специально оснащённой лаборатории изучали реакцию растений салата при гидропонном выращивании под LED осветителями. Культивирование велось в строго регламентированных условиях: задан суточный фотопериод и тщательно подобран спектральный состав излучения. Критерием оценки эффективности режимов облучения принята интенсивность фотосинтеза, что напрямую определяет продуктивность культуры. Полученный массив наблюдений послужил основой для построения математической модели развития салата при искусственном освещении.

Опытно-экспериментальные исследования выявили математические зависимости, описывающие изменение площади листовой поверхности салата при изменении длительности светового дня и интенсивности облучения. Анализ позволил составить аппроксимирующие формулы. Параметры определяли на основе серии измерений и наблюдений.

Выявление количественных связей между экологическими факторами и ростом растений формирует базу для управляемости продукционного процесса. Опираясь на проверенные математические зависимости, агроном регулирует вегетацию. Комбинировать внешние условия по расчётным схемам позволяет получать устойчивые максимумы урожайности. Исследования выявили устойчивую связь между энергетикой оптического потока и биосинтезом органических соединений при фотосинтезе растений. На материале салата исследовательская группа подтвердила действие закона взаимозаменяемости: суммарная доза светового воздействия определяет наращивание листового аппарата

В опытной серии при эквивалентных уровнях светового потока и длительности фотопериода разброс продуктивности растений оказался небольшим. Максимальная величина отклонений не превысила 6,1%. Среднее отклонение составило 2,7%, что подтверждает высокую точность измерений.

Проведённые расчёты уточнили степень проявления закона взаимозаместимости в рассматриваемых условиях. При сопоставлении доз облучения с величиной относительной погрешности связь не обнаружена. Однако трендов, указывающих на зависимость ошибки от параметров светового воздействия, не выявлено. Полученные сведения подтверждают независимый характер действия закона относительно интенсивности, длительности и их комбинаций. В целом совокупность наблюдений указывает на устойчивость эффекта к вариациям компонентов светового режима.

Использование экспериментальных данных позволяет совершенствовать агротехнические методики, регулируя освещение и климат при выращивании сельскохозяйственных культур. На их основе агроном задаёт оптимальные условия, соотнося параметры с фазой развития и видом растения. Повышает эффективность растениеводства и делает управление более предсказуемым.

Список источников

1. Васькин А.Н., Ракутько Е.Н. Новый подход к определению энергоэффективности светокультуры // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 6 (106). С. 71-77.
2. Ковальчук М.В., Гавриш С.Ф. Оценка сортов салата различных сортотипов на пригодность выращивания в проточной гидропонике // Материалы междунар. научн. конф., посвященной 135-летию со дня рождения А.Н. Костянова. М.: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. С. 297.
3. Иванова М.И. Сурихина Т.Н. Размер и тенденции роста рынка листовых овощей // Картофель и овощи. 2024. № 3. С. 17-22. DOI: 10.25630/PAV.2024.70.79.002.4.
4. Васькин А.Н., Ракутько С.А. Расчет параметров радиационной среды от светодиодного фито-облучателя // Вестник Брянской ГСХА. 2023 № 5 (99). С. 67-74.
5. Ракутько Е.Н., Васькин А.Н. Энергоэкологичность светокультуры салата при различных дозах излучения // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 1 (107). С. 75-79.
6. Васькин А.Н., Ракутько Е.Н. Новый подход к определению энергоэффективности светокультуры // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 6 (106). С. 71-77.
7. Волкова Е.Н. Влияние азотного стресса на аккумуляцию нитратов и урожайность сортов салата // Овощи России. 2023. № 1. С. 44-45.
8. Кулешова Т.Э., Удалова О.Р., Балашова И.Т. Влияние различных источников света на продукционный процесс томата в интенсивной светокультуре // Овощи России. 2021. № 4. С. 65-70.
9. Влияние дозы уф-с облучения на развитие ювенильных растений перца (*capsicum annuum* l.) / С.А. Ракутько, А.П. Мишанов, А.Е. Маркова и др. // АгроЭкоИнженерия. 2022. № 1 (110). С. 3-19.

Информация об авторах:

Е.Н. Ракутько - научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

А.Н. Васькин - старший преподаватель кафедры автоматики, физики и математики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

Ye.N. Rakut'ko - Research Associate at the Institute of Agricultural Engineering and Environmental Problems of Agricultural Production (IEEP) - branch of FSBSI FSAC VIM.

A.N. Vas'kin - Senior Lecturer of the Department of Automation, Physics and Mathematics, 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 22.10.2025, одобрена после рецензирования 25.11.2025, принята к публикации 01.12.2025.

The article was submitted 22.10.2025, approved after reviewing 25.11.2025, accepted for publication 01.12.2025.

© Ракутько Е.Н., Васькин А.Н.

Научная статья
УДК 631.365.22

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА И ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА СУШКИ В СУШИЛКЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА

¹Виктор Николаевич Ожерельев, ¹Алексей Иванович Купреенко,
¹Хафиз Мубариз-оглы Исаев, ²Татьяна Николаевна Толстоухова,
¹Олег Алексеевич Купреенко, ²Станислав Михайлович Михайличенко
¹ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия
²ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Аннотация. В Брянском ГАУ проводятся исследования по использованию для сушки зерна перспективного вида сушильных установок - сушилки аэродинамического нагрева. Как показывает практика на продолжительность сушки зерна наибольшее влияние влажность зерна, температура сушильного агента, расход сушильного агента. Был реализован факторный эксперимент типа 3^2 с варьированием факторов на трех уровнях: влажность зерна $\omega = 16; 18; 20\%$; температура сушильного агента $T = 50; 55; 60^\circ\text{C}$. В качестве отклика определялась продолжительность сушки зерна до влажности 14% . Цель исследования: установление зависимости продолжительности процесса сушки зерна от температуры сушильного агента и влажности зерна. Для уменьшения трудоемкости экспериментальных исследований, уменьшения массы высушиваемого и, соответственно, увлажняемого зерна часть подводящих и отводящих коробов сушильной шахты было заглушено. Оставлен только ряд подводящих коробов и два ряда отводящих. Для достижения требуемой влажности зерна, подвергающегося сушке, производили его увлажнение в количестве 200 кг . Температуру сушильного агента определяли с помощью метеометра МЭС-200. Влажность и температуру зерна определяли влагомером Wile-65. В результате обработки результатов эксперимента в программе Statistica 13 получено уравнение регрессии. С ростом температуры сушильного агента и понижением влажности зерна продолжительность сушки снижается. При этом в продолжительность сушки входит время прогрева самой сушилки, которое составляет порядка 20 мин до набора температуры сушильного агента в пределах 45°C . Таким образом, полученное в результате экспериментальных исследований сушилки аэродинамического нагрева уравнение позволяет прогнозировать продолжительность процесса сушки зерна в зависимости от его влажности и температуры сушильного агента. При этом наибольшее влияние на продолжительность процесса сушки оказывает влажность зерна в пределах допустимых значений температуры сушильного агента.

Ключевые слова: аэродинамический нагрев, температура сушильного агента, влажность зерна, продолжительность сушки зерна, планирование эксперимента.

Для цитирования: Влияние температуры сушильного агента и влажности зерна на продолжительность процесса сушки в сушилке аэродинамического нагрева / В.Н. Ожерельев, А.И. Купреенко, Х.М. Исаев и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 61-65.

Original article

INFLUENCE OF DRYING AGENT TEMPERATURE AND GRAIN MOISTURE CONTENTS ON DURATION OF DRYING PROCESS IN AERODYNAMIC HEATING DRYER

¹Victor N. Ozherel'yev, ¹Alexei I. Kupreenko, ¹Hafiz M. Isaev, ²Tat'yana N. Tolstoukhova,
¹Oleg A. Kupreenko, ²Stanislav M. Mikhailichenko

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

²Russian State Agrarian University- Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

Abstract. The researches on the use of a promising type of drying units - an aerodynamic heating dryer, for drying grain are being conducted at Bryansk State Agrarian University. As practice shows, the duration of grain drying is most affected by the grain moisture content, the temperature of the drying agent, and the flow rate of the drying agent. A factorial experiment of type 3^2 was carried out with the factors varying at three levels: grain moisture $\omega = 16; 18; 20\%$; drying agent temperature $T = 50; 55; 60^\circ\text{C}$. The response was determined by the duration of grain drying to a moisture contents of 14% . The purpose of the study was to determine the dependence of grain drying process duration on the drying agent temperature and grain moisture. To reduce the labour intensity of experimental researches, to decrease the mass of the dried material and, accordingly, moistened grain, a part of the supply and discharge boxes of the drying shaft was blocked. Only a row of

supply boxes and two rows of discharge boxes were left. To achieve the required moisture contents of the grain being dried, it was moistened in an amount of 200 kg. The temperature of the drying agent was determined by using the MES-200 meteorometer. The grain moisture and temperature were determined by using a Wile-65 moisture meter. The regression equation was obtained by processing the experimental results using Statistica 13. As the drying agent temperature increases and the grain moisture decreases, the drying time decreases. The drying time includes the time required to warm up the dryer, which takes approximately 20 minutes to reach a drying agent temperature of 45°C. Thus, the equation obtained as a result of experiments of the aerodynamic heating dryer allows us to predict the duration of the grain drying process depending on its moisture contents and the temperature of the drying agent. At the same time, the moisture contents of the grain has the greatest impact on the duration of the drying process within the permissible temperature range of the drying agent.

Keywords: aerodynamic heating, drying agent temperature, grain moisture contents, grain drying duration, experimental planning.

For citation: Influence of Drying Agent Temperature and Grain Moisture Contents on Duration of Drying Process in Aerodynamic Heating Dryer / Ozherel'yev V.N., Kupreenko A.I., Isaev Kh.M., et al. // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). pp. 61-65.

Введение. В Брянском ГАУ проводятся исследования по использованию для сушки зерна перспективного вида сушильных установок - сушилки аэродинамического нагрева [1-6].

Как показывает практика на продолжительность сушки зерна наибольшее влияние оказывают следующие факторы [7, 8]:

- влажность зерна ω ;
- температура сушильного агента T ;
- расход сушильного агента L .

В модульной сушилке Брянского ГАУ для регулирования расхода сушильного агента можно использовать заслонку смотрового окна рабочей камеры ротора-нагревателя. Однако измерение скорости воздушного потока в подающем патрубке диффузора сушильной шахты показало, что при изменении положения заслонки не наблюдалось адекватного изменения скорости воздушного потока.

Это связано с тем, что в камере ротора-нагревателя происходит вихреобразное движение сушильного агента и вследствие очень короткой длины подающего патрубка такое движение сохраняется и в нем. Вследствие этого обеспечить достоверно заданный расход сушильного агента не представлялось возможным. Поэтому все испытания сушилки проводились при полностью открытой заслонке и максимальной подаче сушильного агента.

Определять подачу сушильного агента по количеству отводимого из шахты сушильного агента также было не корректно из-за прохода в сушильную шахту части воздушного потока из пневмотранспортера через его приемное устройство, а также возможного подсосывания атмосферного воздуха через верх шахты в отводящие короба из-за замыкания их на всасывающий канал ротора-нагревателя через внешний контур рециркуляции сушильного агента.

Кроме этого наблюдался также в загрузочном зерновом бункере шахты при ее полной загрузке некоторый выход сушильного агента вдоль центральной части стенки конфузора, которая заглушает торцы подающих коробов. Это было видно по небольшому столбику взвешенных примесей зерновой массы.

Таким образом, в результате планируется реализация факторного эксперимента типа 3^2 с варьированием факторов на трех уровнях:

- влажность зерна $\omega = 16; 18; 20 \%$;
- температура сушильного агента $T = 50; 55; 60^\circ\text{C}$.

В качестве отклика будет определяться продолжительность сушки зерна до влажности 14 %.

Цель исследования: установление зависимости продолжительности процесса сушки зерна от температуры сушильного агента и влажности зерна.

Материалы и методы. Для уменьшения трудоемкости экспериментальных исследований, уменьшения массы высушиваемого и, соответственно, увлажняемого зерна часть подводющих и отводящих коробов сушильной шахты было заглушено (рис. 1). Оставлен только ряд подводющих коробов и два ряда отводящих.



а



б

Рисунок 1 - Вид шахты со стороны подводящих (а) и отводящих (б) коробов

Для достижения требуемой влажности зерна, подвергающегося сушке, по методике [Атаназевич, В.И. Сушка зерна. М.: ДеЛи принт. 2007. 480 с] производили его увлажнение в количестве 200 кг.

Увлажнение зерна производили послойно в ванне с помощью электрического опрыскивателя при перемешивании всей массы зерна вручную (рис. 2).



Рисунок 2 - Ванна с зерном в процессе увлажнения

Количество воды M_B , вносимой в массу зерна, рассчитывали по формуле:

$$M_B = M_z \frac{\omega_k - \omega_n}{100 - \omega_k}, \text{ кг}, \quad (1)$$

где M_z - масса увлажняемого зерна, кг;

ω_k, ω_n - конечная и начальная влажность зерна, %.

Продолжительность выдержки увлажненного зерна составляла 3 дня для обеспечения равномерного распределения влаги по массе зерна. В течение дня два-три раза производилось перемешивание зерна. Температуру сушильного агента определяли с помощью метеометра МЭС-200. Влажность и температуру зерна определяли влагомером Wile -65.

Полученные результаты обрабатывались корреляционно-регрессионным анализом в программе STATISTICA 13 с получением уравнения регрессии, проверкой его на адекватность по критерию Фишера, а достоверности коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента

Результаты и обсуждение. Реализация матрицы планирования эксперимента типа 3^2 в физических величинах факторов имеет вид таблицы 1.

Таблица 1 - Результаты реализации матрицы планирования эксперимента типа 3^2

| № опыта | Факторы | | Отклик |
|---------|------------------------------|--|---|
| | X_1 | X_2 | Y |
| | влажность зерна ω , % | температура сушильного агента T , °C | продолжительность сушки зерна t , мин |
| 1 | 16 | 50 | 60 |
| 2 | 16 | 55 | 48 |
| 3 | 16 | 60 | 40 |
| 4 | 18 | 50 | 135 |
| 5 | 18 | 55 | 120 |
| 6 | 18 | 60 | 90 |
| 7 | 20 | 50 | 150 |
| 8 | 20 | 55 | 135 |
| 9 | 20 | 60 | 110 |

В результате обработки результатов эксперимента в программе Statistica 13 получено уравнение регрессии:

$$t = -79,33 + 20,58\omega - 3,5T. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции $R = 0,945$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,893$. Расчетное значение критерия Фишера $F_p = 25,145 > F_r = 5,14$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и уровне значимости F - критерия $p = 0,001$, что свидетельствует об адекватности уравнения регрессии.

Анализ зависимости (2) показывает, что преобладающее влияние на продолжительность сушки оказывает влажность зерна (рис. 3).

Двумерное сечение поверхности отклика представлено на рис. 4.

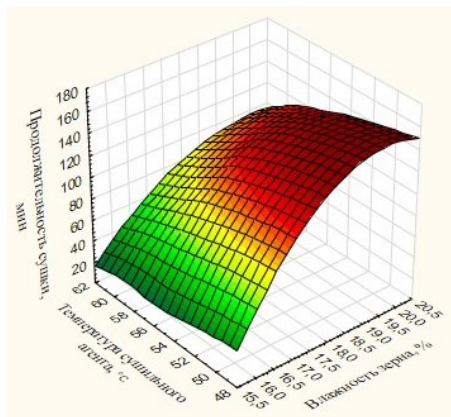


Рисунок 3 - Зависимость продолжительности сушки зерна от температуры сушильного агента и влажности зерна

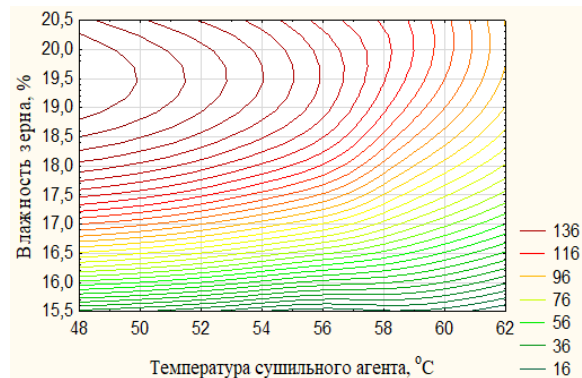


Рисунок 4 - Двумерное сечение поверхности отклика зависимости продолжительности сушки зерна от температуры сушильного агента и влажности зерна

С ростом температуры сушильного агента и понижением влажности зерна продолжительность сушки снижается. При этом в продолжительность сушки входит время прогрева самой сушилки, которое составляет порядка 20 мин до набора температуры сушильного агента в пределах 45°C .

Выводы. Таким образом, полученное в результате экспериментальных исследований сушилки аэродинамического нагрева уравнение (2) позволяет прогнозировать продолжительность процесса сушки зерна в зависимости от его влажности и температуры сушильного агента. При этом наибольшее влияние на продолжительность процесса сушки оказывает влажность зерна в пределах допустимых значений температуры сушильного агента.

Список источников

1. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Результаты испытания сушилки аэродинамического подогрева с комбинированным теплообменником // Инновации и технологический прорыв в АПК: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Брянск, 2020. С. 211-214.
2. Купреенко А.И., Исаев Х.М., Исаев С.Х. Сушилки с аэродинамическим нагревом воздуха // Сельский механизатор. 2021. № 11. С. 16-17.
3. Сушилка аэродинамического нагрева модульного типа / А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, С.М. Михайличенко и др. // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. Брянск, 2022. С. 218-222.
4. Результаты испытания опытного образца зерносушилки с генератором теплоты аэродинамического типа / В.Н. Ожерельев, Х.М. Исаев, Т.В. Панова и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 129-136.
5. Сравнительная эффективность использования модульной сушилки аэродинамического нагрева / В.Н. Ожерельев, А.И. Купреенко, Х.М.О. Исаев и др. // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2023. С. 199-203.
6. Купреенко А.И., Исаев, Х.М., Исаев, С.Х. Снижение энергоемкости сушилки аэродинамического нагрева // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 81-88.
7. Байрамов Р.З. Вендин С.В., Саенко Ю.В. Конвейерная сушилка пророщенного зерна с применением конвективного и инфракрасного нагрева // Инновации в АПК: проблемы и перспективы: Майский, 2023. № 1. С. 19-26.
8. Сушка зерна в режиме пневмотранспорта / А.В. Волженцев, Р.А. Булавинцев, А.В. Козлов и др. // Агротехника и энергообеспечение. 2021. № 1 (30). С. 99-103.

Информация об авторах:

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

А.И. Купреенко - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Х.М. Исаев - кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Т.Н. Толстоухова - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

О.А. Купреенко - аспирант кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

С.М. Михайличенко - кандидат технических наук, доцент кафедры механизации сельского хозяйства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

Information about the authors:

V.N. Ozherel'yev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technical Systems in Agrobusiness, Environmental Management and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, vicoz@bk.ru.

A.I. Kuprenko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Technological Equipment of Animal Husbandry and Processing Industries, Bryansk State Agrarian University.

H.M. Isaev - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technological Equipment Animal Husbandry and Processing Industries of the Bryansk State Agrarian University.

T.N. Tolstoukhova - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Mechanization of Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev.

O.A. Kuprenko - Post-graduate Student of the Department of Technical Systems in Agrobusiness, Environmental Management and Road Construction of the Bryansk State Agrarian University.

S.M. Mikhailichenko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Mechanization of Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev.

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 17.10.2025, одобрена после рецензирования 13.11.2025, принята к публикации 27.11.2025.

The article was submitted 17.10.2025, approved after reviewing 13.11.2025, accepted for publication 27.11.2025.

© Ожерельев В.Н., Купреенко А.И., Исаев Х.М., Толстоухова Т.Н., Купреенко О.А., Михайличенко С.М.

Научная статья

УДК 631.372

СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ РУЛОНОВ СЕНА ТРАКТОРНЫМИ АГРЕГАТАМИ

¹Алексей Иванович Ряднов, ¹Алексей Валерьевич Федоров,

²Баатр Канурович Болаев, ²Юрий Нимеевич Арылов

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

²ФГБОУ ВО Калмыцкий ГУ имени Б.Б. Городовикова, г. Элиста, Россия

Аннотация. На транспортировке выращенного урожая, удобрений, средств защиты от вредителей и болезней и других грузов используются не только грузовые автомобили, но и тракторные транспортные агрегаты, применение которых особенно актуально на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках, на пересеченной местности и по бездорожью. Один из путей повышения эффективности использования тракторных транспортных агрегатов в таких условиях - снижение трудоемкости работ на перевозках рулонов сена. На перевозках рулонов сена широко используются серийные тракторные транспортные агрегаты МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой рулонов в 2ПТС-4,5 погрузчиком ПКУ-0,8 на базе МТЗ-82.1. На транспортировке рулонов сена используются также и другие агрегаты, в состав которых входит, например, трактор МТЗ-82.1 с разработанной автоматизированной погрузочно-транспортной разгрузочной машиной ПТРМ-2. Цель работы - дать оценку трудоемкости транспортировки рулонов сена к местам складирования серийными тракторными агрегатами и разработанной погрузочно-транспортной разгрузочной машиной. На основе сплошного хронометража использования исследуемых серийных тракторных транспортных средств МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой тракторного прицепа четырьмя и семью рулонами сена, определена суммарная трудоемкость указанных операций при доставке к местам складирования соответственно 36 и 42 рулонов за смену. Полученные значения суммарной трудоемкости сравнивались с соответствующим показателем ПТРМ-2. ПТРМ-2 транспортирует за смену в среднем 56 рулонов сена с трудоемкостью работ суммарной 6,042 чел.ч и приходящейся на один рулон - 0,108 чел.ч. Применение на уборке с поля рулонов сена ПТРМ-2 позволяет автоматизировать процесс погрузки рулонов сена без остановок агрегата. При этом суммарная трудоемкость работ будет ниже, чем при использовании агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулонов сена в тракторный прицеп соответственно на 39,1% и 27,79%.

Ключевые слова: трудоемкость, тракторный транспортный агрегат, рулон сена, внутриусадебные и внутрихозяйственные перевозки.

Для цитирования: Снижение трудоемкости транспортировки рулонов сена тракторными агрегатами / А.И. Ряднов, А.В. Федоров, Б.К. Болаев, Ю.Н. Арылов // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 66-71.

Original article

REDUCTION OF LABOUR INTENSITY WHILE TRANSPORTING HAY ROLLS BY TRACTOR UNITS

¹Alexey I. Ryadnov, ¹Alexey V. Fedorov,

²Baatr K. Bolaev, ²Yuri N. Arylov

¹Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia

²Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista, Russia

Abstract. Transporting harvested crops, fertilizers, pest and disease control products, and other cargo requires not only trucks but also tractor-driven transport units, which are particularly useful for intra-household and intra-farm transportation, over rough terrain, and off-road. One way to improve the efficiency of tractor-driven transport units in such conditions is to reduce the labour intensity of hay bale transportation. The MTZ-82.1+2PTS-4.5 series tractor-driven transport units are widely used for hay bale transportation, with the bales being loaded into the 2PTS-4.5 by the PKU-0.8 loader based on the MTZ-82.1. Other units are also used for hay bale transportation, including, for example, the MTZ-82.1 tractor with a newly developed PTRM-2 automated loading, transport, and unloading machine. The objective of this study was to assess the labour intensity of hay bale transportation to storage locations using the standard tractor units and the newly developed loading, transport, and unloading machine. Based on continuous time recording of the studied standard tractor transport vehicles MTZ-82.1+2PTS-4.5 with a tractor trailer loaded with four and seven bales of hay, the total labour intensity of these operations was determined for delivering 36 and 42 bales to storage locations per shift respec-

tively. The resulting values of total labour intensity were compared with the corresponding indicator for the PTRM-2. The PTRM-2 transports an average of 56 bales of hay per shift with a total labour intensity of 6.042 man-hour and 0.108 man-hour per bale. The use of the PTRM-2 for harvesting hay bales from the field allows to automate the process of the hay bale loading without stopping the unit. At the same time, the total labour intensity of the work will be lower than when using the MTZ-82.1+2PTS-4.5 unit with loading 4 and 7 rolls of hay into the tractor trailer by 39.1% and 27.79%, respectively.

Keywords: labour intensity, tractor transport unit, hay bale, intra-farm and intra-household transportation.

For citation: Reduction of Labour Intensity while Transporting Hay Rolls by Tractor Units / Ryadnov A.I., Fedorov A.V., Bolaev B.K., Arylov Y.N. // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. No. 6 (112). P. 66-71.

Введение. Кормопроизводство в агропромышленном комплексе Российской Федерации занимает одно из важнейших мест и напрямую влияет на уровень обеспечения населения мясомолочными продуктами, а, следовательно, и на продовольственную безопасность.

В настоящее время в хозяйствах нашей страны внедряются новые технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, уделяется особое внимание соблюдению агротехнических требований на выполнение технологических операций, внесению научно-обоснованных норм минеральных удобрений, а также средств защиты растений от болезней и вредителей. Это оказало существенное влияние на рост урожайности большинства сельскохозяйственных культур. В тоже время возросли затраты материальных средств и труда на транспортировку удобрений, средств защиты от вредителей и болезней, а также увеличился грузооборот по доставке необходимых средств для качественного возделывания сельскохозяйственных культур [1,2].

Транспортировка средств, необходимых для возделывания сельскохозяйственных культур, и урожая осуществляется не только автомобилями грузовыми самосвальными, например, КАМАЗ 45144 или бортовыми, например, ГАЗ-3302 «Газель» [3], но и тракторными транспортными агрегатами, которые должны иметь оптимизированные конструктивные параметры, быть высокопроизводительными и надежными в эксплуатации [4,5]. При этом, тракторные транспортные агрегаты используются, как правило, на внутриусадебных перевозках (расстояние перевозки груза до 3 км) и внутрихозяйственных (расстояние перевозки груза от 3 до 20 км). Так, на внутрихозяйственных перевозках в хозяйствах Российской Федерации тракторные агрегаты осуществляют транспортировку до 60% объема грузов [6.], так как имеется возможность их использования на пересеченной местности [6] и по бездорожью. Применяются различные составы тракторных транспортных агрегатов, например, агрегат, в состав которого входит трактор МТЗ-82.1 и тракторный прицеп 2ПТС-4,5.

Один из путей повышения эффективности использования тракторных транспортных агрегатов - снижение трудоемкости работ на внутриусадебных и внутрихозяйственных перевозках рулонов сена [7]. Трудоемкость работ является важнейшим частным показателем оценки эффективности уборки сена в рулонах [3]. Снижение трудоемкости работ, в частности за счет применения автоматизированных транспортных средств является актуальной задачей для сельхозтоваропроизводителей.

Цель работы - дать оценку трудоемкости транспортировки рулонов сена к местам складирования серийными тракторными агрегатами и разработанной погрузочно-транспортной разгрузочной машиной.

Материалы и методы. При исследовании использовался комплексный подход, включающий как теоретические, так и экспериментальные исследования, который позволил получить достоверные результаты, основанные на методах классической механики и математической статистики. Обработка данных проводилась с использованием современных программных средств, что обеспечило высокую точность и объективность полученных выводов. Все этапы работы соответствовали действующим методическим требованиям и стандартам.

В качестве объектов исследования являлись два тракторных транспортных агрегата. В состав первого агрегата входили трактор класса 1,4 и тракторный прицеп 2ПТС-4,5 (рис.1а). Погрузка рулонов сена во время проведения исследований на тракторный прицеп 2ПТС-4,5 осуществлялась погрузчиком ПКУ-0,8, оборудованным вилами (рис.1б). В состав второго тракторного транспортного агрегата входили трактор класса 1,4 и погрузочно-транспортная разгрузочная машина ПТРМ-2 [8] (рис.2). Погрузка рулонов сена на ПТРМ-2 выполнялась без применения дополнительного технического средства.

Управление погрузкой рулонов сена на ПТРМ-2 осуществлялось системой автоматического управления, которая также использовалась для управления подъемом и опусканием платформы верхнего яруса соответственно после ее загрузки рулонами сена и перед разгрузкой. Автоматизация управлением платформой верхнего яруса на основе использования современных интеллектуальных

систем является важнейшим фактором повышения эффективности использования технических средств сельскохозяйственного назначения [9, 10, 11].



Рисунок 1 - Тракторный транспортный агрегат в составе трактора класса 1,4 и 2ПТС-4,5 (а) и погрузчик ПКУ-0,8 (б)



Рисунок 2 - Тракторный транспортный агрегат в составе трактора класса 1,4 и ПТРМ-2

Исследования основаны на применении результатов сплошного хронометража использования тракторных транспортных агрегатов на погрузке, транспортировке и разгрузке рулонов сена, сформированных пресс-подборщиками ПР-145 в условиях ИП Алмазова П.К. Кумылженского района Волгоградской области. При ежесменном сплошном хронометраже использования тракторных транспортных агрегатов определялись затраты времени на операции погрузки рулонов сена (захват рулона, его подъем с погрузкой на транспортное средство и возврат подъемного устройства в исходное положение), на полный цикл погрузки одного рулона (затраты времени от начала погрузки одного рулона до начала погрузки последующего) и загрузки транспортного агрегата, затраты времени на переезды агрегата в течение смены, остановки по различным причинам и ежесменное техническое обслуживание (ЕТО), на доставку одной партии рулонов сена к месту хранения (время в пути тракторного транспортного средства с момента окончания погрузки рулонов сена до начала их выгрузки), выгрузку рулонов из транспортного средства и возвращение агрегата в поле. Также велся учет количества перевезенных рулонов сена.

Результаты и их обсуждение. Важнейшим частным показателем комплексного критерия оценки эффективности использования тракторных транспортных средств является трудоемкость работ T (чел.ч):

$$T = \sum_{j=1}^{j=d} (t_j N_{onj}), \quad (1)$$

где $\langle t_j$ - трудоемкость j -й технологической операции, ч; N_{onj} - количество операторов, выполняющих j -ую технологическую операцию, чел.; $j=1 \dots d$ - число технологических операций, шт.»[12].

На первом этапе исследования сравнивалась трудоемкость работ на технологических операциях с использованием агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 при загрузке на тракторный прицеп 4 и 7 рулонов сена погрузчиком ПКУ-0,8, а на втором этапе оценивалась трудоемкость технологических операций с использованием агрегата МТЗ-82.1+ ПТРМ-2 с загрузкой 8 рулонов. При этом значения коэффициента использования грузоподъемности транспортных средств составляли соответственно 0,267; 0,467 и 0,533.

Для расчета трудоемкости технологических операций, связанных с транспортировкой рулонов сена с поля к местам складирования, дан анализ составляющих времени смены, от которых зависит трудоемкость работ по подготовке агрегатов к работе, погрузки рулонов сена в транспортное средство, их транспортировки, разгрузки и возвращению агрегата на поле за следующим рулоном. Среднестатистические результаты затрат времени на необходимые для расчета трудоемкости работ технологические операции, полученные на основе сплошного хронометража работы погрузочно-транспортного агрегата МТЗ-82.1+ПКУ-0,8, серийного тракторного транспортного агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 и агрегата в составе трактора МТЗ-82.1 и погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2, представлены в таблице.

Таблица 1 - Результаты хронометража работы агрегатов в течение смены

| Составляющие времени смены | Состав агрегата | | | |
|---|----------------------|---|---|--|
| | МТЗ-82.1 +ПКУ-0,8 | МТЗ-82.1 +2ПТС-4,5 с загрузкой 4 рулонов | МТЗ-82.1 +2ПТС-4,5 с загрузкой 7 рулонов | МТЗ-82.1 + ПТРМ-2 с загрузкой 8 рулонов |
| Время на ежесменное техническое обслуживание, ч | 0,420 | 0,310 | 0,310 | 0,330 |
| Время на переезды по полю, ч | 0,240 | 0,270 | 0,473 | 0,280 |
| Время загрузки одного рулона сена в транспортное средство, ч | 0,032 | 0,032 | 0,032 | 0,017 |
| Время загрузки одного транспортного средства рулонами сена, ч | 0,128 | 0,128 | 0,224 | 0,136 |
| Время загрузки транспортных средств рулонами сена в течение смены, ч | 1,152 | 1,152 | 1,344 | 0,952 |
| Время доставки рулонов сена к месту хранения, их выгрузка и возвращение агрегата в поле за один рейс, ч | - | 0,710 | 0,738 | 0,640 |
| Время доставки рулонов сена к месту хранения, их выгрузка и возвращение агрегата в поле за смену, ч | - | 6,390 | 4,428 | 4,480 |

По результатам сплошного хронометража подготовки агрегатов к использованию, погрузки рулонов сена на транспортное средство, доставки их к месту хранения, выгрузки и возвращения агрегата в поле определено, что за смену агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, загруженный 4 рулонами сена, выполняет в среднем 9 рейсов, агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, загруженный 7 рулонами сена, выполняет в среднем 6 рейсов, а МТЗ-82.1 + ПТРМ-2 - 7. При этом затраты времени, необходимые для расчета трудоемкости работ, погрузочным агрегатом МТЗ-82.1 + ПКУ-0,8 составили 1,812 ч, а транспортными агрегатами МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулонами сена, соответственно равны - 8,122 ч и 6,555 ч, а МТЗ-82.1 + ПТРМ-2 - 6,042 ч.

По зависимости (1) с использованием полученных данных по затратам времени на технологические операции рассчитана суммарная трудоемкость работ по уборке с поля рулонов сена сравниваемыми транспортными тракторными агрегатами за смену (рис.3), а также трудоемкость работ, приходящаяся на один рулон (рис.4).

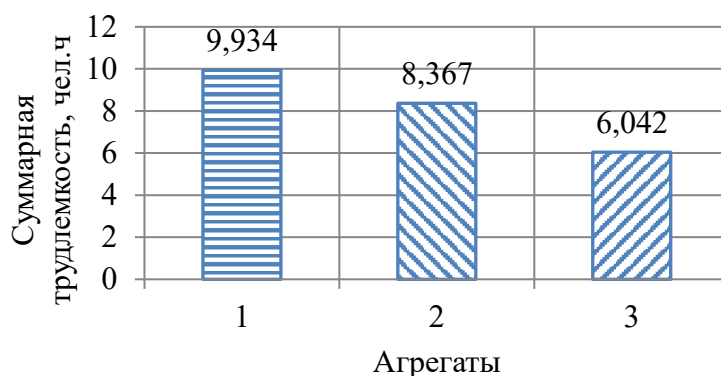


Рисунок 3 - Суммарная трудоемкость работ
 1 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 4 рулонов)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;
 2 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 7 рулонов)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;
 3 - МТЗ-82.1+ ПТРМ-2

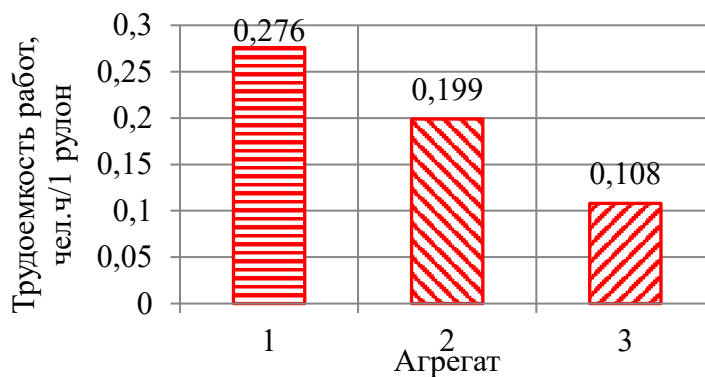


Рисунок 4 - Трудоемкость работ на доставку 1 рулона
 1 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 4 рулонов)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;
 2 - МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 (загрузка 7 рулонов)/ МТЗ-82.1+ПКУ-0,8;
 3 - МТЗ-82.1+ ПТРМ-2

По результатам сплошного хронометража подготовки агрегатов к работе, погрузки рулонов сена, их транспортировки к месту разгрузки, выгрузки и возвращения на поле исследуемых тракторных транспортных средств МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулонами и МТЗ-82.1+ ПТРМ-2 определены фактические значения составляющих баланса времени смены, на основе которых выполнены расчеты трудоемкости погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

Определена эффективность применения погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 с трактором МТЗ-82.1 на уборке рулонов сена с поля

Выводы. Повышение эффективности уборки сена, спрессованного в рулоны, -актуальная и важная задача, стоящая перед сельхозтоваропроизводителями, решение которой возможно на основе учета совокупности частных показателей оценки эффективности уборки. Одним из важнейших частных показателей оценки эффективности уборки рулонов сена с поля является трудоемкость работ на погрузке, транспортировке и разгрузке рулонов сена в местах их складирования.

Установлено, что при использовании агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой четырех рулонов сена в тракторный прицеп погрузчиком КПУ-0,8 на базе трактора МТЗ-82.1 трудоемкость работ с перевозкой 36 рулонов за смену составила 9,934 чел.ч, а на один рулон -0,276 чел.ч.

При загрузке семи рулонов сена в тракторный прицеп 2ПТС-4,5 транспортируется за смену 42 рулона с суммарной трудоемкостью 8,367 чел.ч, что на 15,77% ниже, чем при загрузке 2ПТС-4,5 четырьмя рулонами. Трудоемкость транспортировки одного рулона сена данным тракторным транспортным средством составила 0,199 чел.ч.

При использовании погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 транспортируется за смену в среднем 56 рулонов сена с трудоемкостью работ суммарной 6,042 чел.ч и приходящаяся на один рулон - 0,108 чел.ч. Применение на уборке с поля рулонов сена погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 с трактором МТЗ-82.1 позволяет автоматизировать процесс погрузки рулонов сена без остановок агрегата. При этом суммарная трудоемкость работ будет ниже, чем при использовании агрегата МТЗ-82.1+2ПТС-4,5 с загрузкой 4 и 7 рулонов сена в тракторный прицеп соответственно на 39,1% и 27,79%.

Таким образом, использование предложенной погрузочно-транспортной разгрузочной машины ПТРМ-2 на уборке рулонов сена положительно отразится на экономической эффективности сельскохозяйственного производства и позволит обеспечить устойчивое развитие отрасли.

Список источников

1. Никольский Я.С. Инфраструктура как неотъемлемая часть конкурентоспособности АПК (на материалах Новосибирской области) // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2024. Т. 13, № 4. С. 131-136.
2. Рагозин М.С. Факторы, влияющие на современное состояние и эффективность прогнозирования объемов перевозки грузов, выполняемых автомобильным транспортом в России // Естественно-гуманитарные исследования. 2024. № 4 (54). С. 197-203.
3. Ряднов А.И., Федоров А.В. Снижение затрат труда при выгрузке рулонов сена из кузова транспортного средства // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14, № 3. С. 121-129.
4. Новиков М.А., Павлов С.Б. Повышение эффективности перевозки рулонов льнотресты на примере ООО «Уторгошский льнозавод» Новгородской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (64). С. 84-92.

5. Оценка производительности и безотказности погрузчика-транспортировщика рулонов сена / А.И. Ряднов, Р.В. Любимов, А.В. Федоров, С.М. Воронин // Известия НВ АУК. 2023. № 4 (72). С. 427-440.
6. Зернов В.Н., Петухов С.Н., Пономарев А.Г. Кто решает, какие тракторы нужны сельхозпроизводителю? // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 1. С. 136-148.
7. Ряднов А.И. Метод выбора транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 349-356.
8. Транспортное средство для погрузки, перевозки и разгрузки рулонов сена: пат. 2833277 Рос. Федерация / Ряднов А.И., Федоров А.В. - №2024112005; заявл. 02.05.2024; опубл. 16.01.2025, Бюл. № 2.
9. Федоренко В.Ф. О технической модернизации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2021. № 5 (287). С. 2-6.
10. Чирков Е.П., Бабьяк М.А. Инновационные направления технологического и технического обновления кормопроизводства в России // Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 3 (47). С. 36-41.
11. Чирков Е.П. Инновационные направления интенсификации кормопроизводства // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса. Брянск, 2021. С. 180-185.
12. Федорова О.А., Фандеев С.Ю. К обоснованию комплексного критерия эффективности использования технических средств для уборки суданской травы // Вестник НГИЭИ. 2021. № 6 (121). С. 5-14.

Информация об авторах

А.И. Ряднов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», заслуженный работник высшей школы РФ, alex.rjadnov@mail.ru.

А.В. Федоров - аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

Б.К. Болаев - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой биотехнологии и животноводства ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б.Б. Городовикова».

Ю.Н. Арылов - доктор биологических наук, профессор кафедры биотехнологии и животноводства ФГБОУ ВО «Калмыцкий ГУ имени Б.Б. Городовикова».

Information about the authors:

A.I. Ryadnov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Operation and Technical Service of Machines in Agriculture, Volgograd State Agrarian University, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, alex.rjadnov@mail.ru.

A.V. Fedorov - Postgraduate Student of the Department of Operation and Technical Service of Machines in the Agricultural Sector, Volgograd State Agricultural University.

B.K. Bolaev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov.

Y.N. Arylov - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Biotechnology and Animal Husbandry, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov.

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 14.10.2025, одобрена после рецензирования 27.10.2025, принята к публикации 11.12.2025.

The article was submitted 14.10.2025, approved after reviewing 27.10.2025; accepted for publication 11.12.2025.

© Ряднов А.И., Федоров А.В., Болаев Б.К., Арылов Ю.Н.

Научная статья

УДК 631.317

УСИЛИЕ РЕЗАНИЯ ПОЧВЫ МЕЖДУРЯДИЙ ЯГОДНИКОВ L-ОБРАЗНЫМ НОЖОМ

Виктор Николаевич Ожерельев, Виктор Николаевич Пиргунов

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Цель исследования заключается в выявлении специфических особенностей взаимодействия L-образного ножа с почвой междурядий ягодных кустарников при различной глубине обработки. Для этого была разработана экспериментальная установка, включающая смонтированное на продольной оси двуплечее коромысло, на нижнем конце которого закрепляли нож. Второй конец коромысла был соединен с динамометром, посредством которого его поворачивали, срезая стружку почвы по дугообразной траектории и фиксируя при этом максимальное тяговое усилие. Нож шириной захвата подрезающего лезвия равной 35 мм может быть закреплен по отношению к оси поворота коромысла в одном из четырех положений, обеспечивая за счет этого соответствующее варьирование максимальной глубины обработки h_{max} (150, 112,5, 75 и 37,5 мм). Каждый вариант опыта был выполнен в пятикратной повторности. При этом очередность проведения вариантов опыта была рандомизирована с помощью генератора случайных чисел. Эксперимент проводили в междурядье малины, поверхность которого за две недели до даты его проведения было подвергнуто обработке дисковой бороной. Полученные результаты были обработаны в программе *EXCEL* вследствие чего была выявлена математическая зависимость усилия резания от максимальной глубины обработки. Наиболее корректно ($R^2 = 0,8858$) аппроксимировать полученный тренд полиномом второй степени, поскольку по мере увеличения максимальной глубины обработки наблюдается непропорционально ускоренный рост усилия резания. Это обусловлено тем, что после прохода дисковой бороны средняя глубина обработки варьируется в пределах от 0,06 до 0,1 м, а дно борозды приобретает гребнистый характер.

Ключевые слова: фреза, нож, почва, дисковая борона, усилие резания, глубина обработки.

Для цитирования: Ожерельев В.Н., Пиргунов В.Н. Усилие резания почвы междурядий ягодников l-образным ножом // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С. 72-75.

Original article

EFFORT TO CUT SOIL OF BERRY FIELD INTERROWS WITH A L-SHAPED KNIFE

Viktor N. Ozherel'yev, Viktor N. Pirgunov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The aim of the research is to identify specific features of the interaction of an L-shaped knife with the soil between the rows of berry bushes at different tillage depths. For this purpose, an experimental installation was developed, including a double-armed rocker mounted on the longitudinal axis, at the lower end of which a knife was fixed. The second end of the rocker was connected to a dynamometer, by means of which it was rotated, cutting off soil chips along an arcuate trajectory and recording the maximum traction force. A knife with a cutting blade width of 35 mm can be fixed in relation to the rotation axis of the rocker in one of four positions, thereby providing a corresponding variation in the maximum tillage depth h_{max} (150, 112.5, 75 and 37.5 mm). Each experimental variant was performed in fivefold repetition. At the same time, the sequence of the experimental variants was randomized using a random number generator. The experiment was conducted in the space between raspberry rows, the surface of which was treated with a disc harrow two weeks before the date of the experiment. The obtained results were processed in the *EXCEL* program, as a result of which a mathematical dependence of the cutting force on the maximum tillage depth was revealed. It is most correctly ($R^2 = 0.8858$) to approximate the obtained trend with a second-degree polynomial, since as the maximum tillage depth increases, a disproportionately accelerated growth of the cutting force is observed. This is due to the fact that after the passage of the disc harrow, the average tillage depth varies from 0.06 to 0.1 m, and the bottom of the furrow acquires a ridged character.

Keywords: cutter, knife, soil, disc harrow, cutting force, tillage depth.

For citation: Ozherel'yev V.N., Pirgunov V.N. Effort to Cut Soil of Berry Field Interrows with a L-Shaped Knife // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. №6 (112) . pp.72-75

Введение. Переход на механизированную уборку ягод смородины требует содержания поперечного профиля поверхности междурядий в выровненном состоянии [1, 2]. Наиболее приемлемый результат обеспечивает совместное (поочередное) применение на ягодной плантации дисковой бороны и вертикальной фрезы [3, 4].

Если дисковая борона многие десятилетия используется в практическом ягодоводстве и ее параметры оптимизированы методом «проб и ошибок», то вертикальные фрезы являются относительно новыми машинами, конструкция которых пока далека от совершенства [5, 6]. В связи с этим актуальной задачей является более глубокое изучение особенностей взаимодействия рабочих органов фрезы с почвой в междурядьях ягодных культур. В частности, это касается более точного определения силы резания, действующей на *L*-образный нож в разных фазах его движения, что позволяет оптимизировать конструктивные параметры рабочих органов.

Материалы и методы. Для выполнения эксперимента была разработана и изготовлена экспериментальная установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.

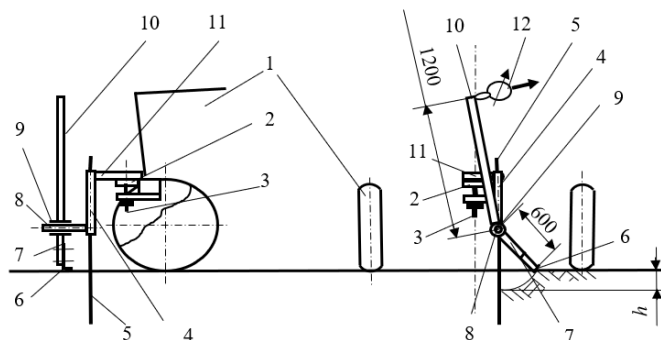


Рисунок 1 - Установка для измерения усилия резания почвы ножом *L*-образного типа:

1 - трактор; 2 - переднее буксирное устройство; 3 - винт; 4 - труба вертикальная; 5 - штырь; 6 - нож; 7 - держатель; 8 - ось; 9 - втулка; 10 - рычаг; 11 - рама; 12 - динамометр

Специфика конструкции экспериментальной установки обусловлена тем, что необходимо было, во-первых, обеспечить надежную базу, способную без видимых последствий воспринимать нагрузку, действующую на нож. Во-вторых, установка должна быть мобильной, так как на одной позиции возможен только один опыт.

В связи с этим за основу взяли трактор МТЗ-82.1 на переднем буксирном устройстве 2 которого смонтировали пространственную раму 11, включающую винт 3, вертикальную трубу 4 и продольную ось 8, на которой посредством втулки 9 устанавливали двуплечее коромысло, состоящее из рычага 10 и держателя 7. На последнем посредством двух болтов устанавливали в одном из возможных положений *L*-образный нож 6.

В держателе 1 (рисунок 2) было выполнено шесть отверстий диаметром 9 мм с расстоянием между ними 37,5 мм. В стойке ножа 2 на таком же расстоянии были выполнены три отверстия. Благодаря такой конструкции получали четыре варианта максимальной глубины обработки (150, 112,5, 75 и 37,5 мм).

В результате приложения усилия к динамометру 12 (рисунок 1) двуплечее коромысло поворачивается на оси 8 по часовой стрелке, вследствие чего нож 7 вырезает фрагмент почвы по дугообразной поверхности резания. Таким образом полностью имитируется работа горизонтальной фрезы и довольно близко к оригиналу - вертикальной фрезы с наклоном оси вращения ротора.

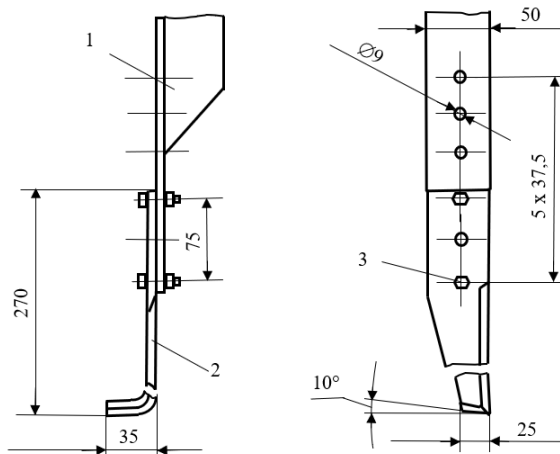


Рисунок 2 - Крепление *L*-образного ножа: 1 - держатель; 2 - нож; 3 - болтовое соединение

После выполнения каждого варианта опыта болтовые соединения 3 (рисунок 2) развинчивали и переставляли нож 2 в очередное положение согласно плану эксперимента. После перемещения трактора в очередную позицию, рамку 11 дополнительно фиксировали посредством штыря 5, пропущенного сквозь вертикальную трубу 4 и заглубленного в почву на 0,3 ... 0,4 м (рисунок 1). Затем на ось 8 монтировали двуплечее коромысло с ножом, закрепленным в очередной позиции, и опыт повторяли.

Поскольку текущие показания снимали с динамометра 12, то реальное усилие F на ноже получали путем пересчета с учетом соотношения по длины плеч коромысла (600/1200 мм).

Результат и его обсуждение. Первичные результаты эксперимента приведены в таблице 1. Они варьируются в широких пределах - от 49,05 до 941,76 Н.

Для корректной оценки степени разброса значений было выполнено суммирование результатов по серии опытов с одинаковой глубиной обработки, а затем они были отнесены к среднему в серии значению, что позволило перейти к относительным показателям. В результате расчета по стандартным формулам получили:

- среднее квадратичное отклонение $\sigma = 0,315$;
- коэффициент вариации результатов $\nu = 31,5\%$.

Коэффициент вариации получился достаточно большим, что обусловлено тем, что опыты проводили на реальной плантации, свойства почвы в междурядьях которой варьируются в широких пределах. Это объясняется, в частности, тем, что в зону резания попадали (или не попадали) корни сорняков. Кроме того, как уже отмечалось выше, при предшествующей обработке дисковой бороной профиль дна борозды получался гребнистым [7]. При попадании в зону резания гребня от предыдущей обработки усилие на ноже заметно возрастало.

Таблица 1. Первичные результаты эксперимента

| № опыта | h_{max} мм | Усилие F , Н | № опыта | h_{max} мм | Усилие F , Н |
|---------|--------------|----------------|---------|--------------|----------------|
| 1 | 150 | 588,6 | 11 | 75 | 225,63 |
| 2 | 150 | 745,56 | 12 | 75 | 235,44 |
| 3 | 150 | 784,8 | 13 | 75 | 235,44 |
| 4 | 150 | 941,76 | 14 | 75 | 333,54 |
| 5 | 150 | 941,76 | 15 | 75 | 215,82 |
| 6 | 112,5 | 313,92 | 16 | 37,5 | 58,86 |
| 7 | 112,5 | 372,78 | 17 | 37,5 | 49,05 |
| 8 | 112,5 | 431,64 | 18 | 37,5 | 215,82 |
| 9 | 112,5 | 588,6 | 19 | 37,5 | 156,96 |
| 10 | 112,5 | 372,78 | 20 | 37,5 | 117,72 |

Визуальная оценка приведенных в таблице 1 результатов свидетельствует о том, что правомерно предположение о наличии корреляции между глубиной обработки h_{max} и усилием резания F . Полученное в программе *Excel* уравнение регрессии и его графическая интерпретация приведены на рисунке 3.

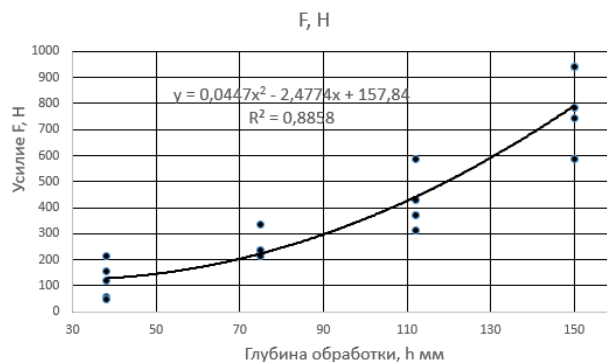


Рисунок 3 - Зависимость усилия резания F от глубины обработки h

Величина коэффициента детерминации ($R^2 = 0,8858$) свидетельствует о том, что гипотеза о криволинейности тренда подтвердилась. Его форма свидетельствует о том, что по мере роста глубины обработки h усилие резания F возрастает более стремительно. То есть, возрастание не пропорционально степени увеличения глубины обработки h . Это обусловлено, в частности, тем, что при предшествующей обработке междурядья дисковой бороной средняя глубина варьируется в пределах 0,06 ... 0,1 м. Кроме того, сказывается наличие под слоем относительно рыхлой почвы несрезанных гребней более плотного сложения.

Выводы.

1. Усилие резания почвы L -образным ножом зависит от глубины обработки h . При этом зависимость имеет полиномиальный характер.

2. Непропорциональное увеличение силы сопротивления резанию F от глубины обработки h обусловлено остаточными явлениями от предшествующей обработки междурядий дисковой бороной, поскольку глубина хода дисков существенно меньше предельной глубины хода L -образного ножа в эксперименте.

3. Высокое значение коэффициента варьирования значений усилия резания почвы L -образным ножом обусловлено гребнистостью дна борозды, полученной в результате предшествовавшей обработки междурядья дисковой бороной. Кроме того, определенную долю нестабильности результатов вызывают корни сорняков, локализация которых на опытной деланке случайна.

Список источников

1. Овчинников Я.Л. Агротехнические требования к технологическому процессу комбайновой уборки ягод // Ползуновский альманах. 2022. № 3. С. 117-119.
2. Евсеев С.П., Перекопский А.Н. Метод повышения эффективности машинной уборки смородины чёрной // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 59. С. 20-25.
3. Ожерельев В.Н., Ожерельева М.В. Моделирование взаимодействия улавливающего устройства малиноуборочного комбайна со стеблями // Агроинженерия. 2023. Т. 25, № 2. С. 10-14.
4. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Синяя Н.В. Снижение дальности отброса почвы дисковыми боронами в ягодниках // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 3. С. 217-224.
5. Ожерельев В.Н. Способ агрегатирования ягодоуборочного комбайна // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (79). С. 70-76.
6. Теличкина Н.А. Машины и механизмы для садоводства. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2023. 128 с. ISBN 978-5-88156-949-5.
7. Юлдашев З.Ш., Мирзоев Ш.И., Шарофов Ш.К. Математическое описание возмущений, действующих на сельскохозяйственные и мелиоративные машины (на примере дождевальных машин). Ч. 1 // Земледелец. 2024. Т. 102, № 1. С. 94-99.

Информация об авторах:

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

В.Н. Пиргунов - магистрант ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

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

V.N. Pirgunov - Graduate Student of the 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 12.08.2025, одобрена после рецензирования 17.09.2025, принята к публикации 11.11.2025.

The article was submitted 12.08.2025, approved after reviewing 17.09.2025, accepted for publication 11.11.2025.

© Ожерельев В.Н., Пиргунов В.Н.

Научная статья
УДК 621.313.333

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАДЁЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Юрий Игоревич Филин, Антон Михайлович Никитин
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Установлена структура отказов асинхронных электродвигателей, применяемых в сельскохозяйственном производстве, с учётом специфики условий эксплуатации на насосных станциях оросительных систем, предприятиях по переработке зерновых продуктов и животноводческих комплексах. Показано, что доминирующим видом повреждений является выгорание или потемнение изоляции обмоток (78,9 %), при этом трёхфазные, двухфазные и однофазные пробой составляют 37,7; 21,3 и 19,9 % соответственно. Проанализированы основные группы причин отказов: торможение ротора при перегрузках и пусках (28,4 %), снижение сопротивления изоляции под воздействием влаги и агрессивных газов (22,6 %), дефекты подшипниковых узлов (4,9 %), межфазные замыкания и замыкания на корпус (7,4 %). Исследование выполнено на основе обработки 1000 зафиксированных отказов с использованием аппарата относительных частот и оценки коэффициента вариации, что обеспечивает статистическую достоверность полученных распределений. Обоснована необходимость включения в систему диагностики параметра влияния эксплуатационного периода на коэффициент полезной работы (КПР) электродвигателя, характеризующего долю времени работы в режиме полезной нагрузки. Предложен подход к формированию минимального набора диагностических параметров с обеспечением достаточной информативности при ограничении затрат на контроль. Показано, что учёт КПР позволяет корректировать межремонтные интервалы и режимы технического обслуживания с учётом фактической загрузки оборудования. Результаты могут быть использованы при разработке регламентов диагностики и систем мониторинга электроприводов сельскохозяйственных технологических агрегатов.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство; асинхронный электродвигатель; надёжность; отказ; изоляция; диагностический параметр; коэффициент полезной работы.

Для цитирования: Филин Ю.И., Никитин А.М. Параметрическая оценка надёжности асинхронных электродвигателей по данным эксплуатационного мониторинга // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 6 (112). С.76-79.

Original article

PARAMETRIC RELIABILITY ASSESSMENT OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS BASED ON OPERATIONAL MONITORING DATA

Yuri I. Filin, Anton M. Nikitin
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The failure structure of asynchronous electric motors used in agricultural production has been established, taking into account the specific operating conditions at pumping stations of irrigation systems, grain processing plants and livestock complexes. The dominant type of damages has been shown to be a burn-out or darkening of the winding insulation (78.9%), while three-phase, two-phase and single-phase breakdowns account for 37.7; 21.3 and 19.9%, respectively. The main groups of failure causes have been analyzed: rotor braking during overloads and starts (28.4%), decreased insulation resistance under the influence of moisture and aggressive gases (22.6%), bearing unit defects (4.9%), interphase short circuits and short circuits to the housing (7.4%). The research was carried out on the basis of processing 1,000 recorded failures using a relative frequency apparatus and variation coefficient estimation, which ensures the statistical reliability of the obtained distributions. The need to include a parameter for measuring the impact of the operating period on the performance efficiency (PE) of an electric motor, characterizing the proportion of time operating in payload mode, in the diagnostic system is substantiated. An approach to forming a minimum set of diagnostic parameters to ensure sufficient information contents while limiting monitoring costs has been proposed. The record of the performance efficiency is shown to allow adjustment of repair intervals and maintenance regimes taking into account the actual equipment load. The results can be used in the development of diagnostic procedures and monitoring systems for electric drives of agricultural technological units.

Keywords: agricultural production; asynchronous electric motor; reliability; failure; insulation; diagnostic parameter; performance efficiency.

For citation: Filin Yu.I., Nikitin A.M. Parametric reliability assessment of asynchronous electric motors based on operational monitoring data // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. pp.76-79.

Введение. Надёжность асинхронных электродвигателей является ключевым фактором устойчивости технологических процессов в сельском хозяйстве. Отказ электроприводов насосов, вентиляторов, транспортеров, кормораздатчиков приводит к нарушению графиков полива, сушки и переработки продукции, снижению объёмов выпуска и росту эксплуатационных затрат [1]. Условия работы электродвигателей на сельскохозяйственных и водохозяйственных объектах характеризуются повышенной влажностью, запылённостью, наличием агрессивных газов, а также выраженной сезонностью нагрузок. На практике широко используются асинхронные электродвигатели мощностью 0,25...110 кВт в приводах технологических машин и 50...800 кВт в составе насосных агрегатов оросительных систем [2]. Значительная часть парка эксплуатируется с превышением нормативных сроков службы, при недостаточной диагностике и нерегулярном обслуживании, что повышает вероятность внезапных отказов. Имеющиеся публикации рассматривают влияние режима питания, тепловых и механических перегрузок, эффективности защит на надёжность электродвигателей [3,4]. Вместе с тем недостаточно проработан вопрос комплексной параметрической оценки технического состояния с учётом фактической полезной работы электродвигателей в специфических условиях сельскохозяйственного производства.

Цель исследования заключается в разработке подхода к параметрической оценке надёжности асинхронных электродвигателей сельскохозяйственных электроприводов с учётом структуры отказов, условий эксплуатации и диагностических возможностей. Научная новизна состоит в уточнении набора диагностических параметров и введении интегрального показателя, отражающего влияние эксплуатационного периода на коэффициент полезной работы.

Материалы и методика исследований. Исследование выполнено на основании литературных и статистических данных отказов асинхронных электродвигателей систем электроснабжения сельскохозяйственных и водохозяйственных предприятий (насосные станции оросительных систем, зерноперерабатывающие предприятия, животноводческие комплексы) [5]. Рассматривались электродвигатели мощностью 0,25...110 кВт (приводы транспортеров, вентиляторов, шнеков) и 50...800 кВт (насосные агрегаты), работающие в длительном и повторно-кратковременном режимах, при прямом включении и в составе частотно-регулируемых электроприводов [6].

Результаты исследований и их обсуждение. При анализе статистических данных по отказам и известных источников информации [4,5,6] установлено, что 78,9 % отказов связаны с выгоранием или потемнением изоляции обмоток статора, 4,9 % - с повреждением подшипников, 7,4 % - с межфазными и корпусными замыканиями без выгорания обмоток, 8,8 % - с прочими дефектами; по характеру пробоев 37,7 % отказов обусловлены трёхфазными, 21,3 % - двухфазными, 19,9 % - однофазными пробоями, 21,1 % приходится на прочие повреждения. К основным причинам отнесены: торможение ротора при перегрузках и заклинивании или неудачных пусках (28,4 %), снижение сопротивления изоляции под воздействием влаги и агрессивных газов (22,6 %), дефекты подшипников (4,9 %), межфазные и корпусные замыкания от внешних воздействий (7,4 %), прочие причины (36,7 %). Относительные частоты рассчитывались в процентах от общего числа отказов; коэффициент вариации для основных групп не превышал 0,19, что обеспечивало статистическую устойчивость результатов. В качестве диагностических параметров использовались сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между фазами, фазные токи при номинальной нагрузке, температура обмоток, виброскорость подшипниковых опор и параметры питающего напряжения (симметрия, отклонение, частота) [1,2]; для высокомошных агрегатов дополнительно учитывались пусковые режимы и время разгона. Введён интегральный показатель - коэффициент полезной работы (КПР), равный отношению времени работы электродвигателя в режиме полезной нагрузки к календарной продолжительности эксплуатационного периода. Структура отказов по видам повреждений показана на рисунке 1.

Анализ распределения отказов по основным причинам показал, что торможение ротора вследствие перегрузок, заклинивания рабочего органа или неудачных пусков приводит к 28,4 % отказов. Для сельскохозяйственных приводов это характерно для насосов при засорении всасывающих линий, транспортеров при заклинивании материала, кормораздатчиков и шнеков при неравномерной подаче продукта. В этих условиях происходит рост тока, увеличение скольжения, нагрев ротора и обмоток статора с последующим повреждением изоляции.

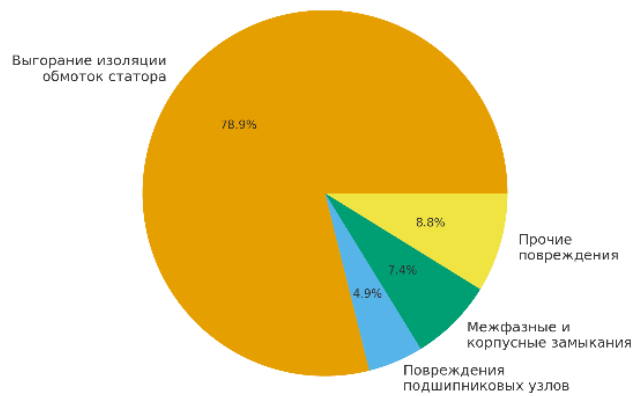


Рисунок 1 - Структура отказов асинхронных электродвигателей по видам повреждений

Снижение сопротивления изоляции под воздействием влаги и агрессивных газов (аммиак в животноводческих помещениях, пары химических препаратов в зернохранилищах) обуславливает 22,6 % отказов. При длительном воздействии высокой относительной влажности и конденсации влаги на изоляции возрастает ток утечки, формируются локальные перегревы и частичные разряды, ускоряющие старение изоляционных материалов. Повреждения подшипниковых узлов (4,9 %) приводят к росту вибрации, разбалансировке ротора и дополнительным динамическим нагрузкам, что особенно критично для насосных агрегатов и вентиляторов [5,6]. Межфазные и корпусные замыкания, не связанные напрямую с выгоранием обмоток, составляют 7,4 % отказов.

Графическое представление распределения основных отказов приведено на рисунке 2.

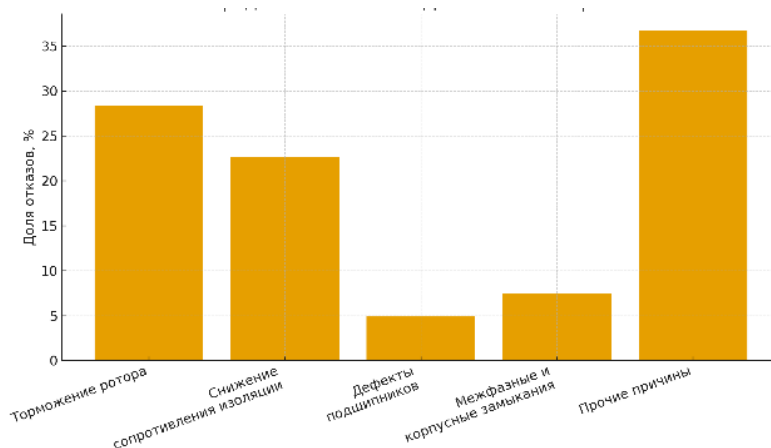


Рисунок 2 - Распределение основных отказов асинхронных электродвигателей

В результате проведенного анализа предлагается ввести в систему диагностики параметра влияния эксплуатационного периода на коэффициент полезной работы. Для сельскохозяйственных объектов характерны резкие различия между периодами интенсивной работы (посевная, уборка, полив) и межсезоньем. При высоких значениях КПР возрастает интегральное тепловое и электромагнитное воздействие на изоляцию, что требует сокращения межремонтных интервалов и усиления диагностического контроля. При низких значениях КПР (резервные и сезонные агрегаты) целесообразно смещать акцент на профилактическую диагностику (измерение сопротивления изоляции, термография, вибродиагностика) с оптимизацией периодичности регламентных ремонтов.

Предлагаемый подход к формированию минимального набора диагностических параметров (сопротивление изоляции, токи и температуры обмоток, виброскорость подшипников, параметры питания) обеспечивает достаточную информативность при ограничении затрат на контроль. Для высокомо мощных насосных агрегатов дополнительно рекомендуется учитывать параметры пусковых режимов и динамику нагрузки.

Выводы:

Установлено, что в структуре отказов асинхронных электродвигателей, применяемых в сельскохозяйственном производстве, доминируют повреждения изоляции обмоток статора (78,9 %), при этом трёхфазные, двухфазные и однофазные пробойи составляют 37,7; 21,3 и 19,9 % соответственно. Основным объектом диагностического контроля следует считать изоляционные системы обмоток.

Показано, что основными причинами отказов являются торможение ротора при перегрузках и неудачных пусках (28,4 %), снижение сопротивления изоляции под воздействием влаги и агрессивных газов (22,6 %), дефекты подшипников (4,9 %) и межфазные/корпусные замыкания (7,4 %). Для сельскохозяйственных объектов целесообразно применять средства защиты от перегрузок, асимметрии и пониженного напряжения, а также обеспечивать нормализованный микроклимат помещений.

Подтверждено, что 75...96 % отключений электродвигателей обусловлены повреждениями изоляции статора, из них 46...80 % - выгоранием обмоток и 16...44 % - пробоем изоляции. Повышение ресурса изоляции за счёт оптимизации тепловых режимов и регулярного контроля сопротивления изоляции следует рассматривать как основной резерв снижения аварийности.

Предложен подход к формированию минимального набора диагностических параметров, обеспечивающего достаточную достоверность оценки технического состояния при ограничении затрат на контроль. Для высокомошных насосных агрегатов целесообразно дополнительно контролировать пусковые режимы и динамику нагрузки.

Установлено, что реализация комплекса организационно-технических мероприятий (оптимальный выбор мощности электродвигателей, корректная настройка защит, применение частотно-регулируемых приводов, регламентная диагностика с учётом КИП) позволяет снизить долю изоляционных отказов и увеличить ресурс электродвигателей сельскохозяйственных электроприводов, что ведёт к сокращению простоев и повышению эффективности технологических процессов.

Список источников

1. Некрасов А.И., Некрасов А.А. Оценка технического ущерба от отказов электродвигателей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (55). С. 112-119.
2. Пиляев С.Н., Афоничев Д.Н., Врагов С.А. Повышение энергоэффективности асинхронного электропривода в сельском хозяйстве // Наука в центральной России. 2023. № 4 (64). С. 47-55.
3. Исследование отказоустойчивого асинхронного электропривода насосного агрегата в составе опасного производственного объекта / Г.И. Однокопылов, А.Н. Гаврилин, А.Д. Брагин, И.А. Розаев // Известия Тульского государственного университета. 2025. № 1. С. 384-394.
4. Безик В.А., Безик Д.А., Никитин А.М. Исследование показателей качества электроэнергии сельскохозяйственного предприятия // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 5 (105). С. 53-60.
5. Филин Ю.И. Использование машинного обучения для мониторинга и диагностики состояния электрических машин сельскохозяйственного производства // Наука в центральной России. 2025. № 2 (74). С. 60-69.
6. Саидов А.А. Контроль работы синхронного электродвигателя и защита его от асинхронного режима // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2020. Т. 5, № 3 (21). С. 88-92.

Информация об авторах

Ю.И. Филин - кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, rock2032@rambler.ru.

А.М. Никитин - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой электроэнергетики и электротехнологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

Yu.I. Filin - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Power Engineering and Electrical Technology, Bryansk State Agrarian University, rock2032@rambler.ru.

A.M. Nikitin - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electric Power Engineering and Electrical Technology, 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 18.10.2025, одобрена после рецензирования 17.11.2025, принята к публикации 03.12.2025.

The article was submitted 18.10.2025, approved after reviewing 17.11.2025; accepted for publication 03.12.2025.

© Филин Ю.И., Никитин А.М.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Научный журнал «Вестник Брянской ГСХА» публикует результаты завершенных оригинальных, теоретических и методических исследований, обзорные статьи, представляющие интерес для специалистов в различных областях сельскохозяйственной науки и практики.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

Тексты статей представляются только в программе Microsoft Word. Формат страницы А4, поля по 2 см, шрифт Times New Roman 12, межстрочный интервал 1,0. Выравнивание по ширине с установкой переносов, отступ в начале абзаца 1,25. Объем статьи не менее 4 и не более 10 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); Ф.И.О. полностью, 3) полное название учреждения и почтовый адрес (строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 4) аннотация и ключевые слова на русском языке, 5) название статьи (на английском языке заглавными буквами); Ф.И.О. полностью, 6) полное название учреждения и почтовый адрес (на английском языке строчными буквами по центру, отметить арабскими цифрами соответствие фамилий авторов учреждениям, в которых они работают; 7) аннотация и ключевые слова на английском языке; 8) статья; 9) список источников, информация об авторах (на русском и английском языках, с указанием инициалов и фамилии авторов, ученой степени, звания, места работы).

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 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: WTO-WTO, FAO-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. В библиографический список рекомендуется включать наиболее современные источники, которые не старше 5 лет от момента проведения исследования. 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: vestnik@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.