

ВЕСТНИК БРЯНСКОЙ ГСХА

Издаётся с марта 2007
года

Выходит один раз
в два месяца

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

Научный журнал

Журнал включен в Российский
индекс научного цитирования
(РИНЦ).

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

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

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

№ 1 (101)
ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 2024
СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Силаев А.Л., Смольский Е.В., Белоус И.Н., Шаповалов В.Ф. Управление продуктивностью естественных кормовых угодий	3
Пчеленок О.А., Козлова Н.М., Силаев А.Л. Экологическая оценка почв и растений в районах с разным уровнем радиационного загрязнения	9
Ториков В.Е., Мельникова О.В., Дорных Г.Е. Эффективность внесения минеральных удобрений на программированный уровень урожайности зерна озимой и яровой тритикале	15
Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Повышение продуктивности и экономической эффективности возделывания овса от применения хелатных форм микроудобрений	19
Ахияров, Б.Г., Исламгулов Д.Р., Абдулвалеев Р.Р., Ахиярова Л.М. Оптимизация минерального питания нового гибрида кукурузы Шихан	24
Васькина Т.И., Дронов А.В., Бельченко С.А. Обоснование применения биорегуляторов роста при возделывании сорго сахарного в агроландшафтных условиях Брянской области	29

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Рябичева А.Е. Применение вкусо-ароматической добавки в рационах цыплят-бройлеров	34
Вафина Д.Р., Гамко Л.Н., Меньякина А.Г. Опыт применения пробиотической добавки «Басулифор» в кормлении телок до шестимесячного возраста	39
Шепелев С.И., Яковлева С.Е. Эффективность включения в рационы лактирующих коров комплексной минерально-витаминной добавки «Каумикс Лактация»	45

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Бабков А.П., Варавин В.И., Семькин В.А. Транспортное средство для внутрихозяйственных перевозок грубых кормов	52
Грунтович Н.В., Кирдишев Д.В. Применение вероятностно-статистических методов при выявлении дефектов дизельной форсунки	58
Ряднов А.И., Тронеv С.В., Шарипов Р.В., Смирнов С.В. Оптимизация параметров системы транспортировки зерна в сменные бункеры соргоуборочного комбайна	63
Михальченков А.М., Орехова Г.В., Самусенко В.И. Некоторые вопросы нанесения мягких покрытий на рабочие поверхности гильз цилиндров для обеспечения их качества	69
Никитин А.М., Безик Д.А., Васькин А.Н. Влияние коэффициента реактивной мощности асинхронных электродвигателей, в зависимости от коэффициента загрузки, на распределительные сети 10/0,4 кВ	74

№ 1 (101)
JANUARY-FEBRUARY 2024

AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

A.L. Silaev, E.V. Smolsky, I.N. Belous, V.F. Shapovalov Productivity management of natural forage lands	3
O.A. Pchelenok, N.M. Kozlova, A.L. Silaev Ecological assessment of soils and plants in the areas with different level of radiation pollution	9
V.E. Torikov, O.V. Mel'nikova, G.E. Dornyy`kx Effectiveness of application of mineral fertilizers to the programmed level of winter grain yield and spring triticale	15
V.M. Nikiforov, M.I. Nikiforov, N.M. Pasechnik Increasing the productivity of oats varieties and economic efficiency of its cultivation from the use of chelating forms of micronutrient fertilizers	19
B.G. Akhiyarov, D.R. Islamgulov, R.R. Abdulvaleev, L.M. Akhiyarova Optimization of mineral nutrition of the new Shikhan corn hybrid.	24
T.I. Vas`kina, A.V. Dronov, S.A. Bel`chenko Justification of the use of bioregulators of growth in the cultivation of sugar sorghum in the agro-landscape conditions of the Bryansk region	29

ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE

A.E. Ryabicheva Application of flavor and aroma additive in broiler chicken diets	34
D.R. Vafina, L.N. Gamko, A.G. Menyakina The experience of using the probiotic additive "Basulifor" in feeding heifers up to six months of age	39
S.I. Shepelev, S.E. Yakovleva Efficiency of including the complex mineral and vitamin additive "Kaumiks Laktatsiya" into the diets of lactating cows	45

AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

A.P. Babkov, V.I. Varavin, V.A. Semykin Vehicle for on-farm transportation of coarse feed	52
N.V. Gruntovich, D.V. Kirdishchev Application of probabilistic and statistical methods in the detection of diesel nozzle defects.	58
A.I. Ryadnov, S.V. Tronev, R.V. Sharipov., S.V. Smirnov Optimization of parameters of the system for transporting grain into replaceable bins of a sorghum harvester	63
A.M. Mikhail`chenkov, O.V. Galina, V.I. Samusenko Some issues of applying soft coatings to the working surfaces of cylinder liners to ensure their quality	69
A.M. Nikitin, D.A. Bezik, A.N. Vas`kin The effect of the reactive power factor of asynchronous electric motors, depending on the load factor, for 10/0.4 kV distribution networks	74

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

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

Редакционный совет:

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

Редакторы:

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

ISSN 2500-2651.

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

Тираж 250 экз. Подписано в печать 07.02.2024.

Дата выхода в свет 20.02.2024.

Свободная цена.

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

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

Отпечатано в УМИКЦ ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.
243365 Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино,
ул. Советская, 2а.

© ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, 2024

Editorial Board:

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

Editors:

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

ISSN 2500-2651.

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

Circulation of 250 copies. Signed to printing - 07.02.2024.

The release date is 20.02.2024.

Free price.

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

E-mail: torikov@bgsha.com.

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

© FSBEI HE Bryansk SAU, 2024



АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT
АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья
 УДК 633.11

УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

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

Аннотация. В период с 2014 по 2021 год в условиях заливного луга центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области проведены исследования возможности управления продуктивностью естественного травостоя путём применения минерального удобрения по анализу параметров экологической стабильности и пластичности, используя критерий «урожайность». Оценка адаптивных свойств естественного травостоя заливного луга при различном уровне химизации по параметрам экологической стабильности и пластичности в условиях юго-запада Брянской области позволила установить, что наибольшая адаптация к условиям окружающей среды наблюдается при максимальном уровне химизации. Продуктивность естественного травостоя изменялась под действием применения минерального удобрения. Без применения минерального удобрения растительность луга в наименьшей степени снижает продуктивность в экстремальных условиях, использование минерального удобрения ведет к снижению стрессоустойчивости. Наиболее стабильной продуктивностью заливной луг обладал без применения удобрения вне зависимости от периода использования. Высокоинтенсивной агроэкосистема заливного луга в период первого и второго укосов в условиях юго-запада Брянской области была при применении минерального удобрения в дозе N60P60K90 и N60K90. Заливные луга в естественном состоянии дают стабильные урожаи воздушно-сухой массы естественного травостоя, при этом экосистема стрессоустойчива при изменении климатических условий. При использовании заливного луга как агроэкосистемы, применении средств химизации, необходимо знать уровень почвенного плодородия естественного кормового угодья. Наши исследования доказывают, что в современных условиях возможно управление потенциалом продуктивности заливных лугов в условиях юго-запада Брянской области посредством применения различных доз и сочетаний элементов питания в удобрении даже при экстремальных условиях среды.

Ключевые слова: естественный травостой, продуктивность, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, минеральные удобрения, юго-запад Брянской области

Для цитирования: Управление продуктивностью естественных кормовых угодий / А.Л. Силаев, Е.В. Смольский, И.Н. Белоус, В.Ф. Шаповалов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 3-8.

Original article

PRODUCTIVITY MANAGEMENT OF NATURAL FORAGE LANDS

Andrey L. Silaev, Yevgeny V. Smol'sky, Igor N. Belous, Viktor F. Shapovalov
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. In the period from 2014 to 2021, in the conditions of the flood meadow of the central floodplain of the Iput River in the Novozybkov District of the Bryansk Region, researches were carried out on the possibility of managing the productivity of natural herbage by means of using mineral fertilizer to analyze environmental stability and plasticity parameters using the “yields” criterion. The assessment of the adaptive properties of the natural herbage of the flood meadow at a different level of chemicalization according to the parameters of environmental stability and plasticity in the south-west of the Bryansk region made it possible to establish that the greatest adaptation to environmental conditions was found at the maximum level of chemicalization. The variability of the productivity of natural herbage varied under the influence of the mineral fertilizer used. The vegetation of the meadow reduces productivity in extreme conditions without the use of mineral fertilizer, to the least extent, the use of mineral fertilizer leads to a decrease in stress resistance. The flood meadow had the most stable productivity without the use of fertilizer, regardless of the period of use. The highly intensive agroecosystem of the flood meadow during the period of the first and second cuttings in the south-west of the Bryansk region was when using mineral fertilizer in the dose of N60P60K90 и N60K90. The flood meadows in a natural state give stable yields of air-dry mass of herbage, while the ecosystem is stress-resistant under changing climatic conditions. When using flood meadow as agroecosystems and applying means of chemicalization, it is necessary to know the level of soil fertility of a natural fodder land. Our researches prove that in modern conditions it is possible to manage the potential of water meadow productivity in the conditions of the southwest of the Bryansk region by means of applying various doses and combinations of nutrients in the fertilizer even under extreme environmental conditions.

Keywords: natural herbage, efficiency, stability, plasticity, resistance to stress, mineral fertilizers, southwest of the Bryansk region

For citation: A.L. Silaev, Y.V. Smol'sky, I.N. Belous, V.F. Shapovalov Productivity management of natural forage lands. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 3-8 (In Russ.).

Введение. Кормопроизводства является естественной фундаментальной базой развития животно-

водства, поэтому проблема эффективности производства кормов и использования естественных кормовых угодий является основой продовольственной безопасности страны [1].

Еще 28 июля 2016 года в Тверской области Президент РФ говорил на совещании по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья, что развитие молочного и мясного скотоводства должны стать якорными [2].

В Центральном Нечерноземье, куда входит Брянская область, есть все возможности: обширные земельные ресурсы, кормовая база [3]. При этом при использовании естественных кормовых угодий необходимо подбирать способы управления их продуктивностью с наибольшей приспособленностью к локальным почвенно-климатическим условиям, это позволит формировать стабильно высокие урожаи воздушно-сухой массы естественного травостоя, как при благоприятных, так в экстремальных условиях среды.

Ряд авторов [4-6] рассчитывали параметры экологической пластичности и стабильности для различных сельскохозяйственных культур и сортов, при этом были получены данные о реализации потенциала урожайности исследуемых культур и сортов, что подтверждает возможность использования данных методик для экологической оценки различных видов растений семейства мятликовых.

Цель исследования – оценить возможность управления продуктивностью естественного травостоя заливных лугов посредством применения минерального удобрения по анализу параметров экологической стабильности и пластичности в условиях юго-запада Брянской области, используя критерий «урожайность».

Материалы и методы исследования. Экспериментальной базой исследования служила территория заливного луга реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области. Поёмный процесс длился от 0 до 15 дней в зависимости от года. Почвенный покров исследуемой территории представлен аллювиальной луговой супесчаной почвой со следующими показателями: $C_{орг}$ – 3,0-3,2%; pH_{KCl} – 5,2-5,6 ед., P_2O_5 – 106-244 и K_2O – 89-120 мг/кг. Исследования проводили в период с 2014 по 2021 годы. Эксперимент включал в себя следующие варианты применения минерального удобрения: 1. Контроль (без применения минерального удобрения), 2. P60K90, 3. P60K120, 4. N90P60K90, 5. N90P60K120, 6. N90P60K150, 7. N120P60K120, 8. N120P60K150, 9. N120P60K180. В период от возобновления роста до первого укоса естественного травостоя вносили полной нормой фосфорные удобрения и половину нормы азотных и калийных удобрений, в период после первого укоса вносили оставшуюся половину азотных и калийных удобрений (табл. 2), использовали аммиачную селитру, простой гранулированный суперфосфат и калий хлористый.

Площадь опытной делянки – 60 м², повторность опыта – трехкратная.

Отбор растительных образцов проводили: первый укос – середина июня, второй – конец августа. Продуктивность воздушно-сухой массы естественного травостоя определяли путем высушивания зеленой массы с 1 м² до воздушно-сухого состояния. Растительный покров территории эксперимента был представлен травами семейства мятликовые: *Festuca pratensis* Huds., *Alopecurus pratensis* L., *Phleum pratense* L., разнотравья составляет не более 10% от общего количества.

Территория юго-запада Брянской области подверглась радиоактивному загрязнению искусственными радионуклидами, в результате аварии на ЧАЭС [7], поэтому в минеральном удобрении преобладали калийные удобрения [8].

Индекс условий среды и показатели экологической пластичности: стабильность (Sd^2) и пластичность (bi) определяли по Эберхарту и Расселлу [9], стрессоустойчивость по А.А. Гончаренко [10], размах урожайности (d) – по В.А. Зыкину [11], коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову [12].

Климат области умеренно теплый и влажный [13].

Агроклиматические условия территории постановки опыта (табл. 1) получены на метеорологическом посту Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» расположенном на 52°30'50" северной широты и на 31°51'36" восточной долготы, высота над уровнем моря – 190 м.

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

В период исследований с 2014 по 2021 год средняя температура воздуха за период вегетации составила 19,8 °С, что на 2,2 °С выше климатической нормы.

Таблица 1 – Некоторые средние метеорологические показатели периода исследования и среднемноголетняя величина (климатическая норма)

Период \ Показатель	Температура воздуха, °С	Климатическая норма	Осадки, мм	Климатическая норма
Май	16,2	13,4	65,7	54,8
Июнь	20,9	17,6	55,4	70,7
Период 1 укоса	18,5	15,5	121,1	125,5
Июль	21,2	19,5	90,7	81,0
Август	20,7	19,9	57,2	69,4
Период 2 укоса	21,0	19,7	147,9	150,4
Период вегетации	19,8	17,6	269,0	275,9

В период первого укоса средняя температура воздуха за период исследований была 18,5 °С, что на 1,5 °С ниже периода уборки урожая второго укоса (табл. 1).

В период исследований сумма осадков за вегетацию составила 269,0 мм, что на 6,9 мм ниже климатической нормы.

Сумма осадков выпавших в период первого и второго укосов за время проведения исследований была сопоставима (табл. 1).

Результаты и их обсуждение. Заливные луга уникальные агроэкосистемы характеризующиеся высоким биоразнообразием и высокой экологической устойчивостью, а также широкими адаптивными свойствами, что подтверждается их использованием в кормопроизводстве в Нечерноземной зоне РФ. Различные климатические условия периодов вегетации растительности луга по температурному и водному режимам позволяют объективно сделать анализ уровня изменчивости продуцирования воздушно-сухой массы естественного травостоя под действием сложившихся внешних факторов. Индекс условий среды по годам исследования изменялся в период от возобновления вегетации до первого укоса от $-0,68$ до $0,59$ и от $-0,45$ до $0,58$ в период от первого до второго укоса (табл. 2), при этом выпадение осадков и средняя температура в период от первого до второго укосов были выше (табл. 1). Индекс среды является относительным показателем, поэтому сравнивая его в один год, но в различные периоды уборки урожая (первый и второй укос) можно сделать вывод, что положительные индексы среды были выше в период от возобновления вегетации до первого укоса, по-видимому, это положительный эффект от поёмного процесса, который в зависимости от года длился от 0 до 15 дней.

Реализация потенциала продуктивности заливного луга зависела от климатических условий и применения минерального удобрения. Считается, что чем выше коэффициент адаптации (K_A), тем больше продуцирует растительность вегетативную массу. В условиях проведения эксперимента K_A на варианте без применения удобрения был наименьшим (0,19 и 0,24), как в период первого, так и второго укоса. Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы вело к увеличению K_A , при этом K_A был меньше единицы (0,49-0,78). Использование полного минерального или азотно-калийного удобрения под первый и второй укосы вело к увеличению K_A соответственно до 1,46 и 1,62, обнаружили, что фосфорное удобрения в полном минеральном удобрении не влияло на повышение коэффициента адаптации, что, по-видимому, связано с высоким содержанием подвижного фосфора в аллювиальной почве территории исследования. В тоже время наблюдали тренд к возрастанию коэффициента адаптации с возрастанием дозы калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении, вероятно, это связано с низким содержанием подвижных форм калия в почве заливного луга (табл. 2).

Коэффициент вариации (V) является относительным показателем изменчивости, он показывает стандартное отклонение от средней арифметической совокупности величин, выраженное в процентах. Изменчивость принято считать незначительной, если $V < 10\%$, средней, если $10\% < V < 20\%$ и значительной, если $V > 20\%$ [12].

Изменчивость продуктивности заливного луга колебалась от 11,2 до 21,3% в период от возобновления вегетации до первого укоса и от 11,9 до 21,1 % в период от первого до второго укоса. Установили, что наименьшая изменчивость продуктивности заливного луга характерна для варианта без применения минерального удобрения. В условиях, когда нет антропогенного воздействия (внесение удобрения) на заливной луг, в зависимости от климатических условий преобладают те или иные виды растительности, но при этом изменчивость продуктивности заливного луга остаётся практически на одном и том же уровне. Применение минерального удобрения ведет к увеличению показателя изменчивости (табл. 2), видимо во влажные и сухие годы исследования минеральное удобрение ведет себя по-разному.

Таблица 2. – Потенциал продуктивности воздушно-сухой массы растительности заливного луга в условиях юго-запада Брянской области

Вариант	Урожайность, т/га									K _A	V, %
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	среднее		
период от возобновления вегетации до первого укоса											
Контроль	1,01	0,71	0,85	0,79	0,82	0,97	0,88	0,84	0,86	0,24	11,2
P60K45	3,00	2,10	2,78	2,46	2,09	2,54	2,51	2,73	2,53	0,70	12,6
N45P60K45	4,00	2,80	3,97	3,39	3,31	3,94	3,36	3,96	3,59	1,00	12,3
N45P60K60	4,16	2,91	4,07	3,51	3,43	4,08	3,52	4,11	3,72	1,04	12,1
N45P60K75	4,53	3,17	5,01	4,10	3,53	4,37	4,09	5,03	4,23	1,18	15,5
P60K60	3,66	2,56	2,88	2,72	2,14	2,91	2,82	2,84	2,82	0,78	15,1
N60P60K60	5,30	3,71	5,10	4,40	2,48	4,93	4,63	5,13	4,46	1,24	21,3
N60P60K75	5,85	4,10	5,19	4,64	3,95	5,35	4,84	5,22	4,89	1,36	13,2
N60P60K90	6,12	4,28	5,76	4,96	4,52	5,60	5,01	5,76	5,25	1,46	12,5
Среднее	4,18	2,93	3,96	3,44	2,92	3,85	3,52	3,96	3,59	–	–
Индекс среды I _j	0,59	-0,67	0,36	-0,15	-0,68	0,26	-0,08	0,36	–	–	–
период от первого до второго укоса											
Контроль	0,46	0,32	0,38	0,36	0,34	0,40	0,34	0,36	0,37	0,19	11,9
K45	0,95	0,66	1,21	0,94	0,71	0,86	0,95	1,19	0,93	0,49	21,1
N45K45	2,19	1,53	1,99	1,77	1,55	2,06	1,81	1,89	1,85	0,96	12,6
N45K60	2,42	1,69	2,09	1,89	1,63	2,22	1,92	2,11	2,00	1,04	13,3
N45K75	2,74	1,85	2,26	2,06	1,70	2,38	2,05	2,28	2,17	1,13	15,0
K60	1,46	1,02	1,27	1,16	0,83	1,28	1,19	1,24	1,18	0,61	16,0
N60K60	3,81	2,66	2,55	2,61	1,98	3,07	2,64	2,56	2,74	1,42	19,2
N60K75	4,17	2,92	2,71	2,82	2,21	3,38	2,86	2,73	2,98	1,55	19,5
N60K90	4,37	3,06	2,82	2,94	2,35	3,55	2,98	2,85	3,12	1,62	19,4
Среднее	2,51	1,75	1,92	1,84	1,48	2,13	1,86	1,91	1,92	–	–
Индекс среды I _j	0,58	-0,18	0,00	-0,09	-0,45	0,21	-0,06	-0,01	–	–	–

Стрессоустойчивость - это разрыв между минимальным и максимальным показателем продуктивности заливного луга, показатель имеет отрицательное значение, при этом, чем ближе показатель к нулю, тем выше стрессоустойчивость естественного травостоя заливного луга. Наибольшая стрессоустойчивость при продуцировании воздушно-сухой массы характерна для растительности заливного луга на контрольном варианте, в период от возобновления вегетации до первого укоса показатель равен – 0,3, в период от первого до второго укоса показатель равен – 0,1 (табл. 3). В условиях без применения минерального удобрения растительность луга в наименьшей степени снижает продуктивность в экстремальных (засуха или избыточное увлажнение) условиях. В то же время использование минерального удобрения ведет к снижению стрессоустойчивости, так в засушливые годы эффект от минерального удобрения в повышении продуктивности – низкий, а в годы с избыточным увлажнением – высокий.

Соответствие генотипа растений факторам внешней среды отражает компенсаторная способность, это средняя продуктивность в экстремальных условиях, чем выше этот показатель, тем выше степень соответствия между растением и факторами среды. Наибольшая компенсаторная способность естественного травостоя сформировалась при применении максимальных доз минерального удобрения, в период от возобновления вегетации до первого укоса она составила 5,2, а в период от первого до второго укоса – 3,4. Наименьшей показатель средней продуктивности в экстремальных условиях (0,9 и 0,4) был характерен для варианта без применения минерального удобрения.

Отношение разницы максимальной и минимальной величины продуктивности к максимальной величине, выраженной в процентах – это показатель размаха продуктивности (d), чем ниже данный показатель, тем стабильнее продуктивность заливного луга в конкретных почвенно-климатических условиях. Наименьший показатель размаха продуктивности 29,7 в период первого укоса и 30,1 в период второго укоса наблюдали соответственно на контроле и при применении N45K45.

Устойчивость к ограничивающим рост и развитие факторам окружающей среды и способность в любых условиях продуцировать стабильную, но не очень высокую биомассу – это стабильность (Sd^2) агроэкосистемы, чем меньше квадратические отклонения фактической продуктивности от теоретических, тем стабильнее система [11]. В изучаемом наборе вариантов применения минерального удобрения наиболее стабильной продуктивностью заливной луг обладал без применения удобрения вне зависимости от периода использования.

Отзывчивость продуцирующей агроэкосистемы на изменение условий использования выражается коэффициентом экологической пластичности (bi), если значение $bi \geq 1$, значит, агроэкосистема обладает большей отзывчивостью, если $bi \leq 1$ – реагирует слабее на изменение условий среды, если $bi = 1$ имеется

полное соответствие изменения продуктивности изменению условий использования [11]. При применении N60P60K60 в период первого укоса и N60K90 в период второго укоса агроэкосистемы оказались наиболее отзывчивыми на изменения условий использования, соответственно 1,82 и 1,92.

Наиболее благоприятно создание таких условий использования заливного луга, когда $b_i > 1$, а Sd^2 стремиться к 0, при этом растительность отзывчива на улучшения условий и характеризуются стабильной продуктивностью. Условия, когда показатели b_i и Sd^2 высокие – менее ценны, так как тогда высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, а когда $b_i < 1$ и Sd^2 близко к 0, то агроэкосистема слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность продуктивности [11].

Наиболее высокоинтенсивной в период первого и второго укосов соответственно ($b_i = 1,35$, $Sd^2 = 0,07$ и $b_i = 1,925$, $Sd^2 = 0,25$) агроэкосистема заливного луга в условиях юго-запада Брянской области является при применении минерального удобрения под первый укос в дозе N60P60K90 и N60K90 под второй укос (табл. 3).

Таблица 3 – Роль минеральных удобрений в адаптации растительности ареала заливного луга в условиях юго-запада Брянской области

Вариант	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b_i	Sd^2
период от возобновления вегетации до первого укоса					
Контроль	-0,3	0,9	29,7	0,15	0,03
P60K45	-0,9	2,5	30,3	0,65	0,04
N45P60K45	-1,2	3,4	30,0	0,85	0,20
N45P60K60	-1,3	3,5	30,0	0,87	0,19
N45P60K75	-1,9	4,1	37,0	1,24	0,53
P60K60	-1,5	2,9	41,5	0,74	0,37
N60P60K60	-2,8	3,9	53,2	1,82	0,98
N60P60K75	-1,9	4,9	32,5	1,32	0,12
N60P60K90	-1,8	5,2	30,1	1,35	0,07
период от первого до второго укоса					
Контроль	-0,1	0,4	30,4	0,13	0,00
K45	-0,6	0,9	45,5	0,22	0,24
N45K45	-0,7	1,9	30,1	0,70	0,07
N45K60	-0,8	2,0	32,6	0,84	0,06
N45K75	-1,0	2,2	38,0	1,05	0,05
K60	-0,6	1,1	43,2	0,59	0,03
N60K60	-1,8	2,9	48,0	1,70	0,12
N60K75	-2,0	3,2	47,0	1,85	0,21
N60K90	-2,0	3,4	46,2	1,92	0,25

Применение минерального удобрения в различной степени изменяет стабильность продуктивности заливного луга вне зависимости от периода исследований кормового угодья.

Заключение. Проведя полную оценку адаптивных свойств естественного травостоя заливного луга при различном уровне химизации по параметрам экологической стабильности и пластичности в условиях юго-запада Брянской области, используя критерий «продуктивность» установили следующее:

- 1) индекс условий среды изменялся по годам от – 0,68 до 0,58 в зависимости от периода использования заливного луга, при этом индекс среды в период первого укоса был выше или равен индексу в период второго укоса;
- 2) наибольшую адаптацию к условиям окружающей среды обнаружили при максимальном уровне химизации соответственно 1,46 и 1,62 в периоды первого и второго укосов;
- 3) наибольшую изменчивость продуктивности естественного травостоя наблюдали при применении минерального удобрения;
- 4) без применения минерального удобрения растительность луга в наименьшей степени снижает продуктивность в экстремальных условиях, в то же время использование минерального удобрения ведет к снижению стрессоустойчивости;
- б) наиболее стабильной продуктивностью заливной луг обладал без применения удобрения вне зависимости от периода использования;
- 7) наиболее отзывчива агроэкосистема на изменения условий среды при применении N60P60K60 в период первого укоса и N60K90 в период второго укоса;
- 8) наиболее высокоинтенсивной агроэкосистема заливного луга в период первого и второго укосов была при применении минерального удобрения в дозе N60P60K90 и N60K90.

Отсюда следует, что заливные луга в естественном состоянии дают стабильные урожаи воз-

душно-сухой массы естественного травостоя, при этом экосистема стрессоустойчива при изменении климатических условий. При использовании заливного лука как агроэкосистемы, при применении средств химизации, необходимо знать уровень почвенного плодородия естественного кормового угодья. Наши исследования доказывают, что в современных условиях возможно управление потенциалом продуктивности заливных лугов в условиях юго-запада Брянской области посредством применения различных доз и сочетаний элементов питания в удобрении даже при экстремальных условиях среды.

Список источников

1. Косолапов В.М. Современное кормопроизводство – основа успешного развития АПК и продовольственной безопасности России // Земледелие. 2009. № 6. С. 3-5.
2. Совещание по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2016. № 8. С. 2-9.
3. Развитие АПК Брянской области (2018-2022 гг.) / С.М. Сычѳв, С.А. Бельченко, В.Е. Ториков, и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 5. С. 3-10.
4. Мамеев В.В., Ториков В.Е. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 1 (30). С. 55-62.
5. Байкалова Л.П., Серебренников Ю.И. Пластичность и стабильность ярового овса по урожайности и массе 1000 зерен // Вестник КрасГАУ. 2020. № 4. С. 37-44.
6. Серебренников Ю.И. Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен // Вестник НГАУ. 2020. № 2 (55). С. 50-59.
7. Авария на Чернобыльской АЭС: защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве / С.В. Фесенко, Н.И. Санжарова, Н.Н. Исамов, О.А. Шубина // Радиационная биология. Радиоэкология. 2021. Т. 61, № 3. С. 261-276.
8. Эффективность защитных мероприятий при возделывании многолетних мятликовых трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах / Н.Н. Бокатуро, А.А. Справцев, С.Н. Поцепай, Н.М. Белоус // Агрехимический вестник. 2020. № 1. С. 65-70.
9. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // J. Crop. Sci. 1966. Vol. 6, N 1. P. 36–40.
10. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49-53.
11. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, Д.Р. Исламгулов. Уфа, 2011. 99 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
13. Просянных Е.В., Малякко Г.П., Мамеев В.В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области // Агрехимический вестник. 2021. № 6. С. 45-49.

Информация об авторах:

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

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

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

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

Information about the authors:

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

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

I.N. Belous – Doctor of Agricultural Sciences, Bryansk SAU.

V.F. Shapovalov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk SAU.

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 12.01.2024; одобрена после рецензирования 26.01.2024, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 12.01.2024; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 31.01.2024.

© Силаев А.Л., Смольский Е.В., Белоус И.Н., Шаповалов В.Ф.

Научная статья
УДК 631.41:539.1.04

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И РАСТЕНИЙ В РАЙОНАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАДИАЦИОННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

¹Ольга Анатольевна Пчеленок, ¹Наталья Михайловна Козлова, ²Андрей Леонидович Силаев
¹ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева, Орловская область, г. Орел, Россия
²ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследований закономерностей содержания радионуклида ¹³⁷Cs в почвах с повышенным радиационным загрязнением, а также сравнительной характеристики поступления радиоцезия в растения фасоли и рапса, выращенных на вышеуказанных почвах. Исследования проводились на протяжении длительного периода времени. Для анализа были выбраны результаты исследований, проводимых в течение вегетационных периодов 2010 и 2011 годов, сильно отличавшихся гидрометеорологическими условиями: 2011 год характеризовался более благоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур условиями, чем 2010 год. На опытных участках трех районов Брянской области, характеризующихся повышенным радиоактивным загрязнением, были произведены посевы растений фасоли и рапса. Во время агроэкологического исследования проведен мониторинг содержания валовых и подвижных форм ¹³⁷Cs в почвенных образцах до посева культур, а также накопления радионуклидов в различных органах растений фасоли и рапса. Результаты исследования показали, что на содержание подвижного радионуклида в почве большее влияние, по сравнению с гидротермическими показателями окружающей среды, оказывает количество валовых форм ¹³⁷Cs. Для динамики накопления ¹³⁷Cs и в рапсе и фасоли в засушливый период характерна тесная корреляционная зависимость между содержанием валовых и подвижных форм и концентрацией его в плодах и вегетативных органах и отсутствие таковой в корнях. В более влажных погодных условиях корреляционная связь ниже, чем в засушливых условиях, особенно для вегетационных органов. Общее количество поступившего радионуклида в растения фасоли меньше, чем в рапсе.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, ¹³⁷Cs, фасоль, рапс, коэффициент накопления.

Для цитирования: Пчеленок О.А., Козлова Н.М., Силаев А.Л. Экологическая оценка почв и растений в районах с разным уровнем радиационного загрязнения // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 9-14.

Original article

ECOLOGICAL EVALUATION OF SOILS AND PLANTS IN THE AREAS WITH DIFFERENT LEVEL OF RADIATIVE CONTAMINATION

¹Ol'ga A. Pchelenok, ¹Natal'ya M. Kozlova, ²Andrey L. Silaev
¹OSU named after I.S. Turgenev, Oryol region, Oryol, Russia
²Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article presents the results of researches in ¹³⁷Cs radionuclide content of the patterns in soils with increased radiative contamination, as well as comparative characteristics of radiocesium intake into bean and rape plants grown on the above soils. The researches were carried out over a long period of time. The results of researches conducted during the growing seasons of 2010 and 2011 were selected for analysis. These seasons differed greatly in hydrometeorological conditions: 2011 was characterized by more favourable conditions for the cultivation of agricultural crops than 2010. Bean and rape were sown in experimental plots of three districts of the Bryansk region, characterized by increased radiative contamination. The content of bulk and mobile forms of ¹³⁷Cs in soil samples before sowing crops, as well as the accumulation of radionuclides in various organs of bean and rape plants were monitored during the agroecological test. The results of the researches showed that the content of mobile radionuclide in the soil was more influenced, compared to hydrothermal indicators of the environment, by the amount of bulk forms of ¹³⁷Cs. The dynamics of ¹³⁷Cs accumulation both in rape and beans during the dry period is characterized by a close correlation between the content of bulk and mobile forms and its concentration in fruits and vegetative organs and the absence of such in the roots. In wetter weather conditions, the correlation is lower than in dry conditions, especially for vegetative organs. The total amount of radionuclide intaken into the bean plants is less than that of the rape.

Keywords: radiative contamination, ¹³⁷Cs, beans, rape, accumulation coefficient.

For citation: O.A. Pchelenok, N.M. Kozlova, A.L. Silaev. Ecological evaluation of soils and plants in the areas with different level of radiative contamination. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 9-14 (In Russ.).

Введение. Антропогенное загрязнение радионуклидами почвенно-растительного покрова обусловлено поступлением в почву радиоактивных изотопов, образующихся в результате испытаний ядерного оружия, в виде отходов атомной промышленности, применения искусственных радионуклидов в различных отраслях науки и производства [1]. Авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 года увеличила уровень активности в почве основного дозообразующего радионуклида ¹³⁷Cs, обладающего высокой энергией излучения и способного накапливаться в живых организмах [2]. Разброс значений ¹³⁷Cs в почвах разных районов Брянской области значительный и колеблется от 5 до 40 и более Ки/км². На территориях с уровнем радиоактивного загрязнения свыше 15 Ки/км² установлена зона жесткого контроля [3].

Существует сложная межвидовая зависимость степени накопления радионуклидов от почвенно-метеорологических характеристик и уровня загрязнения почвы. Для выявления зависимости, определяющей ответ вида растения на уровень радиации в почве, необходимо проведение исследований не только в идентичных почвенно-метеорологических условиях, но и с разным уровнем радиационного загрязнения [4]. Проведение таких исследований позволит более обоснованно подойти к решению очистки почвы от радионуклидов.

Цель – исследование закономерностей содержания радионуклида ^{137}Cs в почвах с повышенным радиационным загрязнением, а также сравнительный анализ поступления ^{137}Cs в растения фасоли и рапса, выращенных на загрязненных почвах.

Материалы и методика исследования. В качестве объектов исследований послужили образцы:

- почвы с реперных участков некоторых районов Брянской области, характеризующихся различным уровнем радиоактивного загрязнения;
- сельскохозяйственных культур - рапса и фасоли.

Научные исследования по данной проблеме проводятся на протяжении многих лет. В данной статье представлены результаты исследований за период 2010 – 2011 годы, сильно отличавшихся гидрометеорологическими условиями. Значения гидротермических коэффициентов (ГТК) за вегетационный период составили: в 2010 году – 1,6, в 2011 году – 2,2. Таким образом, 2011 год характеризовался более благоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур условиями, чем 2010 год.

Исследования проводились в Клинцовском (участок № 1, фон), Новозыбковском (участок № 2) и Красногорском (участок № 3) районах Брянской области. Средневзвешенный уровень радиоактивного загрязнения почвы в этих районах составлял, соответственно, 350 Бк/кг, 790 Бк/кг, 3000 Бк/кг. В соответствии с методикой полевых опытов, в каждом районе закладывались реперные участки. Площадь участка – 8 м². Перед посевом семян исследуемых культур в соответствии с общепринятой методикой с каждого участка отбирались почвенные образцы с целью определения удельной активности ^{137}Cs до посева культуры. Отбор растительного материала производился методом равномерного прореживания. В фазу полного созревания растения извлекались из почвы целиком для последующего анализа плодов, надземной части (листья+стебли) и корней. Подготовка растительных образцов к анализу проводилась по общепринятым методам [5].

Радиоактивность в почвенных и растительных образцах определяли методом гамма-спектрометрии.

Результаты исследования. В период исследований удельная активность ^{137}Cs в почве сильно колебалась, достигая максимальных значений в 2011 году. Количество подвижных форм радионуклидов в почве так же увеличивалось в период с более высоким количеством осадков. Это объясняется известной зависимостью от влажности почвы [6]. В таблице 1 приведены значения коэффициента подвижности в почве участков при различных погодных условиях.

Таблица 1 – Коэффициент подвижности ^{137}Cs в почве, Бк/кг

№ участка/период	Участок №1/период		Участок № 2/период		Участок № 3/период	
	2010год	2011год	2010 год	2011 год	2010 год	2011 год
Коэффициент подвижности, $K_{\text{п}}$	0,08	0,14	0,12	0,31	0,18	0,34

Анализ полученных результатов показал, что в вегетационный период 2011 года, характеризующийся более высоким количеством выпадающих осадков по сравнению с 2010 годом, количество подвижных форм ^{137}Cs увеличилось на участке № 1 в 2,2 раза, на участке № 2 – 2,9 раз, на участке №3 – 2,1 раз.

Увеличение гидротермических показателей способствует увеличению и коэффициента подвижности. При этом первом участке это увеличение составляет в 2,3 раза, на втором – в 2,6 раз, на третьем – в 1,9 раз. Анализ приведенных данных показал так же, что независимо от погодных условий количество подвижного ^{137}Cs в почве подчиняется следующей закономерности: на участке № 3 > чем на участке № 2 > чем на участке № 1. Полученные данные отражают наличие зависимости количества подвижных форм ^{137}Cs от общего содержания его в почве. В таблице 2 приведены данные расчета отношений активности ^{137}Cs в почве разных участков.

Таблица 2 – Соотношение различных форм ^{137}Cs в почве экспериментальных участков

Отношение активности ^{137}Cs в почве	Валовые формы ^{137}Cs		Подвижные формы ^{137}Cs	
	2010 год	2011 год	2010 год	2011 год
Участок № 2/ Участок № 1	2,35	2,21	3,67	4,72
Участок № 3/ Участок № 1	9,43	8,22	20,64	19,34
Участок № 3/ Участок № 2	4,02	3,7	5,63	4,09

Сопоставление отношений активности разных форм ¹³⁷Cs показало, что наиболее разительные отличия наблюдается между участком № 1 (фоном) и участком № 3: при превышении валовых форм ¹³⁷Cs примерно в 9 раз на участке № 3 происходит двукратное увеличение превышения подвижного ¹³⁷Cs. В то же время, при увеличении валовых форм радионуклида в 2,4 раза (участок №2/участок № 1) и в 4,0 раза (участок №3/участок № 2) увеличение превышения количества подвижных форм радионуклида составляет всего 1,6-1,3 раза и 1,4-1,3 раза, соответственно.

Таким образом, чем значительнее отличия в количестве валовых форм ¹³⁷Cs, тем значительнее отличия в количестве подвижных форм ¹³⁷Cs. Полученные данные позволяют предположить, что на содержание подвижных форм радионуклида большее влияние, по сравнению с гидротермическими показателями окружающей среды, оказывает количество валовых форм ¹³⁷Cs в почве.

Произрастание растений на радиационно-загрязненной почве неизбежно приводит к накоплению радионуклидов в различных органах растений. Как известно, распределение ¹³⁷Cs по органам растений подчиняется следующей закономерности: корни > вегетативные органы > семена [7]. Согласно нашим данным в растениях фасоли и рапса прослеживается вышеуказанная закономерность. Значения коэффициента накопления по органам растений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента накопления (K_н)

Органы растений	Участок № 1		Участок № 2		Участок № 3	
	2010 год	2011 год	2010 год	2011 год	2010 год	2011 год
Фасоль						
Плоды	0,06	0,09	0,03	0,04	0,01	0,01
Вегетативные органы	0,12	0,37	0,14	0,17	0,05	0,08
Корни	0,65	0,48	0,54	0,34	0,09	0,17
Рапс						
Плоды	0,18	0,15	0,09	0,07	0,03	0,02
Вегетативные органы	0,24	0,34	0,20	0,22	0,03	0,07
Корни	0,60	0,52	0,41	0,33	0,08	0,16

Анализ приведенных данных позволяет заключить, что в растениях фасоли накапливается меньше ¹³⁷Cs, чем в рапсе. На фоновом участке в засушливый период в плодах и вегетативных органах снижение составляет в 3 и 2 раза соответственно. Различия в уровне накопления ¹³⁷Cs в корнях этих растений малозначительны и составляют 8,8 %. В более благоприятных погодных условиях наблюдается значительное увеличение ¹³⁷Cs в вегетативных органах фасоли – на 89,2 %, в семенах – на 77 %. В корневой системе накопление ¹³⁷Cs не происходит, напротив, наблюдается малозначительное снижение - на 9 %.

В растениях рапса закономерности накопления ¹³⁷Cs иные. Об этом свидетельствуют и значения коэффициента накопления (K_н), который выше, чем у фасоли. На участке № 1 количество цезия в плодах, в отличие от фасоли, при изменении погодных условий в 2011 году не изменилось. Увеличилось количество ¹³⁷Cs в вегетативных органах - на 74 %, и в корнях - на 20,3 %.

На экспериментальных участках № 2 и № 3, с более высоким уровнем радиационного загрязнения, во всех органах растений фасоли и рапса отмечается соответствующее увеличение концентрации ¹³⁷Cs. При увеличении гидротермических показателей поступление радионуклида в растения возрастает.

Зависимость накопления ¹³⁷Cs в различных органах фасоли от уровня его в почве неоднозначна (рис. 1, 2). В засушливый период накопление ¹³⁷Cs в вегетативных органах и семенах подчиняется линейной зависимости, в корнях полиномиальной, т.к. на участке № 3 количество ¹³⁷Cs в корнях меньше, чем на участке № 2 с более низкой удельной активностью ¹³⁷Cs почвы (рис. 1).

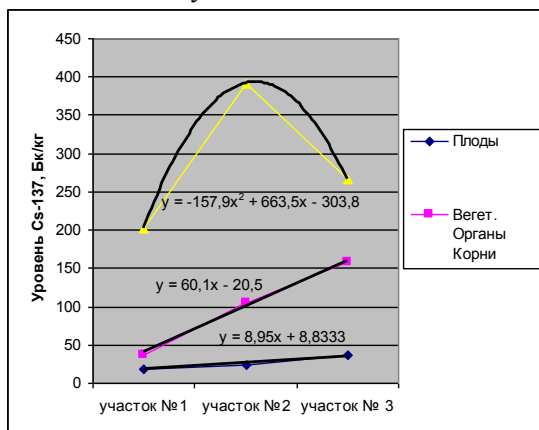


Рисунок 1 – Динамика накопления ¹³⁷Cs в органах фасоли в засушливый период (2010 год)

В более влажный период 2011 года на участке № 2, по сравнению с фоновым участком, происходит увеличение количества ^{137}Cs только в семенах фасоли, в то время, как и в вегетативных органах и в корнях удельная активность ^{137}Cs , по сравнению с засушливым периодом снижается. На участке № 3, при наиболее высокой плотности радиоактивного загрязнения, уменьшается удельная активность ^{137}Cs в плодах и вегетативных органах и значительно увеличивается в корневой системе. Снижение удельной активности ^{137}Cs в семенах фасоли при высокой плотности радиоактивного загрязнения почвы в благоприятных погодных условиях, возможно, обусловлено действием защитных механизмов растения, препятствующих накоплению высоких количеств ^{137}Cs в генеративных органах растения. Накопление ^{137}Cs в этот период подчиняется линейной зависимости (рис. 2).

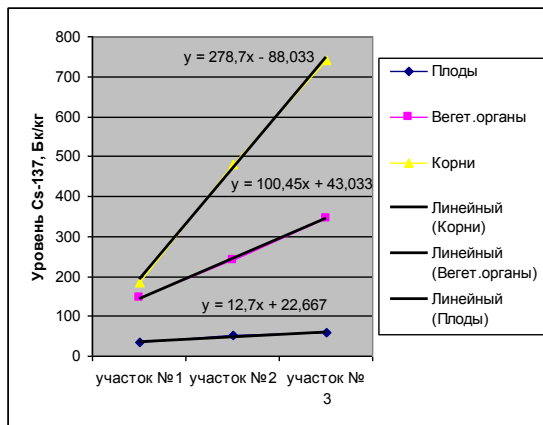


Рисунок 2– Динамика накопления ^{137}Cs в органах фасоли во влажный период (2011 год)

Из данных представленных видно, что эта зависимость характерна и для корневой системы. Из этого можно заключить, что в более влажных условиях вегетации защитная роль корневой системы растений от поступления в них радионуклидов ослаблена, она менее эффективна, по сравнению с засушливыми условиями.

Для рапса на участке № 2, как показал анализ данных, приведенных в таблице 3, так же как и для фасоли, в 2010 году наиболее значительное увеличение интенсивности накопления ^{137}Cs , по сравнению с фоном, характерно для вегетативных органов и корней. На участке № 3, при наиболее высокой плотности радиоактивного загрязнения, в засушливых условиях отмечается значительное увеличение ^{137}Cs в семенах (в 1,4 раз). В вегетативных органах и корнях это увеличение, по сравнению с фоном, не значительно. При улучшении погодных условий в 2011 году интенсивность накопления радионуклида возрастает во всех органах растения и более значительно, чем в органах фасоли. Наиболее значительное накопление отмечается в корневой системе растения.

Зависимость накопления ^{137}Cs в органах рапса в засушливый период, в отличие от фасоли, в основном подчиняется полиномиальной зависимости, лишь для семян сохраняется линейная зависимость (рис. 3). При выращивании растений в более влажных условиях (2011 год), когда отмечается более высокая концентрация валового и подвижных форм ^{137}Cs , для вегетативных органов и семян отмечается полиномиальная, а для корней линейная зависимость уровня накопления радионуклида от содержания его удельной активности в почве (рис. 4).

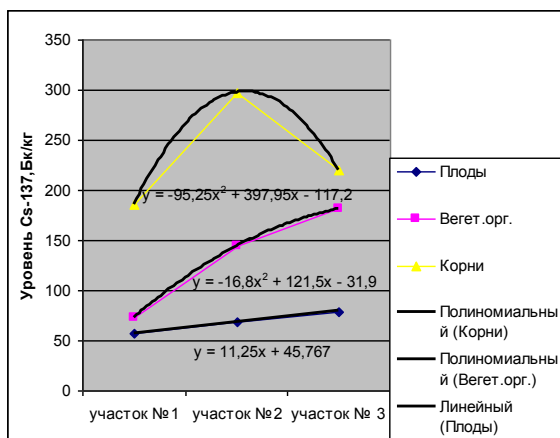


Рисунок 3 – Динамика накопления ^{137}Cs в органах рапса в засушливый период (2010 год)

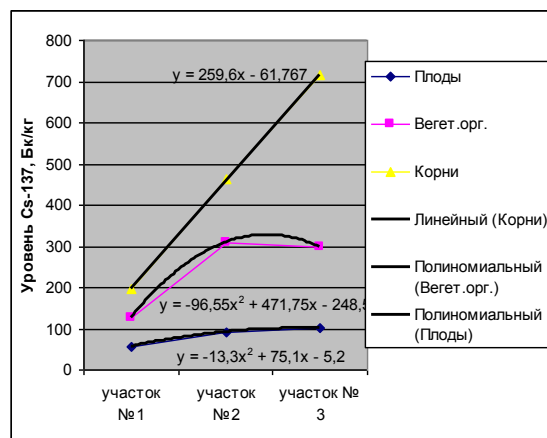


Рисунок 4 – Динамика накопления ^{137}Cs в органах рапса во влажный период (2011 год)

Вероятно, эта способность корневой системы рапса накапливать значительное количество ^{137}Cs предотвратила его поступление в наземные органы [8]. Очевидно, что кроме этого действуют и другие механизмы защиты, свойственные этому виду растения. У фасоли, как это видно на рисунке 2, во влажный период также корневая система накапливает значительное количество ^{137}Cs , но это не предотвратило линейное накопление его в наземных органах.

На участках, в меньшей степени отличающихся по уровню удельной активности ^{137}Cs в почве (участок № 2 и участок № 3), различия в количестве радионуклида в растениях менее значительны. На участке № 3, по сравнению с участком № 2, в засушливый период наблюдается некоторое накопление ^{137}Cs в семенах рапса, а во влажный период – в корнях. Очевидно, с некоторого предельного уровня удельной активности ^{137}Cs в почве интенсивность поступления его в растения рапса снижается. Этот факт характерен и для фасоли, но в меньшей степени. В более влажных условиях возрастает защитная роль корневой системы. Из приведенных данных видно, что на участке № 3, по сравнению с участком № 2, в 2011 году концентрация ^{137}Cs в корнях рапса и фасоли увеличилась в 2 раза.

Из данных, приведенных в литературе известно, что наиболее активно в растения поступают подвижные формы радионуклидов [9]. Сопоставление приведенных данных позволяет предположить, что существует прямая зависимость между увеличением валовых и подвижных форм радионуклида в почве и поглощением их растениями. Результаты расчета корреляционной зависимости между удельной активностью ^{137}Cs в почве и концентрацией его в растениях приведен в таблице 4.

Таблица 4 - Значения R между уровнем удельной активности ^{137}Cs в почве и концентрацией его в различных органах растений фасоли и рапса

Органы растений	Фасоль		Рапс	
	2010 год	2011 год	2010 год	2011 год
Плоды	0,99/0,99	0,88/0,99	0,91/0,89	0,82/0,78
Вегетативные органы	0,90/0,89	0,81/0,95	0,85/0,84	0,66/0,62
Корни	0,06/-0,06	0,95/0,93	-0,07/-0,1	0,96/0,94

Примечание: в числителе R между валовым содержанием ^{137}Cs в почве и концентрацией в растениях, в знаменателе – R между подвижным ^{137}Cs и концентрацией в органах растений.

Анализ приведенных данных показывает, что в засушливый год для растения фасоли существует тесная положительная зависимость между разными формами ^{137}Cs в почве и концентрацией его в плодах и вегетативных органах. Для корневой системы корреляционная зависимость отсутствует. В 2011 году, при увеличении количества осадков, резко возрастает зависимость удельной активности ^{137}Cs в корнях от валового содержания и подвижных форм ($R > 0,90$). В семенах вегетативных органах уменьшается роль валового ^{137}Cs и возрастает роль его подвижных форм.

Для рапса в засушливый период, отмечается тесная положительная зависимость между удельной активностью ^{137}Cs в почве и концентрацией его в плодах и вегетативных органах. Но зависимость эта менее тесная, по сравнению с фасолью. Так же отсутствует корреляционная связь между удельной активностью ^{137}Cs в почве и концентрацией его в корнях - R имеет отрицательное значение. При более благоприятных условиях увлажнения, так же как и в случае с фасолью, резко увеличивается связь между концентрацией радионуклида в почве и активностью его в корнях - $R > 0,90$. В то же время, снижается корреляционная зависимость между всеми формами ^{137}Cs в почве и накоплением в семенах и вегетативных органах. Наименее выражена зависимость для вегетативных органов. Корреляционная зависимость для валовых и подвижных форм ^{137}Cs практически идентична.

Выводы. Проведенные исследования показали, что уровень удельной активностью ^{137}Cs в почве экспериментальных участков значительно различается. Максимальные значения определяются во влажный 2011 год. В этот период увеличивается количество и подвижных форм ^{137}Cs . В то же время, на содержание подвижных форм радионуклида большее влияние, по сравнению с гидротермическими показателями окружающей среды, оказывает количество валовых форм ^{137}Cs в почве.

Накопление радионуклидов в различных органах растений фасоли и рапса подчиняется известной закономерности: корни > вегетативные органы > семена. Увеличение удельной активности ^{137}Cs в почве однозначно приводит к увеличению концентрации радионуклида во всех органах растений. При более благоприятных погодных условиях количество поглощенного растениями ^{137}Cs увеличивается. Общее количество поступившего радионуклида в растения фасоли меньше, чем в рапсе.

Для динамики накопления ^{137}Cs и в рапсе и фасоли в засушливый период характерна тесная корреляционная зависимость между содержанием валовых и подвижных форм и концентрацией его в плодах и вегетативных органах и отсутствие таковой в корнях. В более влажных погодных условиях корреляционная связь ниже, чем в засушливых условиях, особенно для вегетационных органов.

Список источников

1. Бакунов Н.А., Архипов Н.П. Поведение стронция-90 и цезия-137 бомбового и реакторного происхождения в системе почва-растение // Почвоведение. 1994. № 6. С. 41-47.
2. Bilgiç E., Gündüz O. Dose and risk estimation of Cs-137 and I-131 released from a hypothetical accident in Akkuyu Nuclear Power Plant // Journal of Environmental Radioactivity. 2020. № 211. P. 14.
3. Пакшина С.М., Белоус Н.М. Биовынос из почвы цезия-137 продукцией растениеводства. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. 125 с.
4. Влияние весенне-летнего дефицита почвенной влаги на удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых культур / С.М. Пакшина, Н.М. Белоус, Г.П. Малявко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 4 (98). С. 14-18.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Черников В.А., Алексахин А.М., Голубев А.В. Агроэкология. М., 2000. 536 с.
7. Клековкина Г.В. Радиоэкология. Ижевск, 2004. 257 с.
8. Пчеленок О.А., Козлова Н.М. Экологические аспекты снижения поступления радионуклидов в растительную продукцию // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2010. №1. С. 78-81.
9. Громова В.С. Влияние повышенного уровня радиационного загрязнения почвы на содержание в растениях ^{137}Cs и биогенных элементов // Гигиена и санитария. 2010. № 2. С. 42-44.

Информация об авторах:

О.А. Пчеленок – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой техносферной безопасности, ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева, bgdgtu@mail.ru

Н.М. Козлова – старший преподаватель кафедры техносферной безопасности, ФГБОУ ВО ОГУ имени И.С. Тургенева, bgdgtu@mail.ru.

А.Л. Силаев – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, kafeap@bgsha.com.

Information about the authors:

O.A. Pchelenok – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education OSU named after I.S. Turgenyeva, bgdgtu@mail.ru

N.M. Kozlova – senior lecturer at the Department of Technosphere Safety, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education OSU named after I.S. Turgenyeva, bgdgtu@mail.ru.

A.L. Silaev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk SAU, kafeap@bgsha.com.

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

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

Статья поступила в редакцию 28.11.2023; одобрена после рецензирования 26.01.2024, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 28.11.2024; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 31.01.2024.

© Пчеленок О.А., Козлова Н.М., Силаев А.Л.

**ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья
УДК 631.82:633.112.9

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА ПРОГРАММИРОВАННЫЙ УРОВЕНЬ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ
И ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ**

Владимир Ефимович Ториков, Ольга Владимировна Мельникова, Галина Евгеньевна Дорных
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В полевых опытах сорт озимой тритикале Немчиновская 56 отличался высокой отдачей на вносимые нормы минеральных удобрений и обеспечивал программированный уровень урожайности до 9,46 т/га. При внесении минеральных удобрений на уровень 7 т/га урожайность зерна составила 6,71 т/га, что близко к уровню программированной величины. При внесении минеральных удобрений на уровень урожайности 5 т/га, она составила 5,33 т/га, а на биологической технологии (без внесения минеральных удобрений) - 3,12 т/га. На вариантах опыта, где под сорт яровой тритикале Амиго были внесены минеральные удобрения из расчета N160P90K150; на планируемый уровень урожайности 10 т/га в среднем получено по 8,32 т/га зерна. На вариантах интенсивной технологии на фоне N60P90K120+ N33 в фазу кущения + N27 в середине фазы трубкования урожайность зерна составила 5,53 т/га или 79% от запланированной величины. На варианте традиционной технологии было собрано по 4,6 т/га, что составляет 92% от планируемого уровня. Рассматривая технологию возделывания тритикале озимой и яровой на вариантах полевого опыта без внесения минеральных удобрений (биологическая технология) в среднем за годы опытов, было выявлено, что недобор урожая зерна яровой тритикале составил 30%. Сорта озимой тритикале, осенью значительно задерживаются в росте и развитии, что способствует формированию довольно высокой зимостойкости и адаптивности к неблагоприятным факторам внешней среды, они более активно используют как осеннюю, так и весеннюю влагу. Как результат, величина урожайности зерна озимых значительно выше, чем яровых форм тритикале. Для обеспечения максимально возможной урожайности зерна необходимо создавать оптимальные условия минерального питания. Внесение минеральных удобрений на запланированный уровень урожайности является одним из эффективных методов повышения продуктивного потенциала возделываемых сортов тритикале.

Ключевые слова: озимая и яровая тритикале, сорт, минеральные удобрения, урожайность зерна.

Для цитирования: Ториков В.Е., Мельникова О.В., Дорных Г.Е. Эффективность внесения минеральных удобрений на программированный уровень урожайности зерна озимой и яровой тритикале // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 15-18.

Original article

**EFFECTIVENESS OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS TO THE PROGRAMMED
LEVEL OF WINTER GRAIN YIELD AND SPRING TRITICALE**

Vladimir E. Torikov, Ol'ga V.Mel'nikova, Galina E. Dorny'kx
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. In field experiments, the winter triticale variety Nemchinovskaya 56 was distinguished by its high return on the applied norms of mineral fertilizers and provided a programmed yield level of up to 9.46 t/ha. When mineral fertilizers were applied at a level of 7 t/ha, the grain yield was 6.71 t/ha, which is close to the programmed value. When applying mineral fertilizers at a yield level of 5 t/ha, it amounted to 5.33 t/ha, and on biological technology (without applying mineral fertilizers) - 3.12 t/ha. In the experimental variants, where mineral fertilizers were applied to the spring triticale variety Amigo at the rate of N160p90k150; for a planned yield level of 10 t/ha, an average of 8.32 t/ha of grain was obtained. In the variants of intensive technology against the background of N60P90K120+ N33 in the tillering phase + N27 in the middle of the tubing phase, grain yield was 5.53 t/ha or 79% of the planned value. 4.6 tons/ha were collected using a variant of the traditional technology, which is 92% of the planned level. Considering the technology of cultivation of winter and spring triticale on the variants of field experience without applying mineral fertilizers (biological technology) on average over the years of experiments, it was revealed that the shortage of grain yield of spring triticale amounted to 30%. Winter triticale varieties are significantly delayed in growth and development in autumn, which contributes to the formation of a fairly high winter hardiness and adaptability to adverse environmental factors, they more actively use both autumn and spring moisture. As a result, the grain yield of winter crops is significantly higher than that of spring forms of triticale. To ensure the maximum possible grain yield, it is necessary to create optimal conditions for mineral nutrition. The application of mineral fertilizers to the planned yield level is one of the effective methods of increasing the productive potential of cultivated triticale varieties.

Keywords: winter and spring triticale, variety, mineral fertilizers, grain yield.

For citation: V.E. Torikov, O.V.Mel'nikova, G.E. Dorny'kx. Effectiveness of application of mineral fertilizers to the programmed level of winter grain yield and spring triticale. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 15-18 (In Russ.).

Введение. Тритикале – одна из культур, способная решить проблему производства зерна в достаточных объемах и нужного качества, так как она имеет высокую озерненность колоса и, следо-

вательно, большую продуктивность. Озимая тритикале, как и другие зерновые озимые культуры, отличаются от яровых форм по своим биологическим особенностям. Вегетационный период озимых амфидиплоидов в отличие от яровых начинается с осени в год посева и заканчивается летом следующего года. По сравнению с яровыми, озимые сорта тритикале, осенью значительно задерживаются в росте и развитии, что способствует формированию их довольно высокой зимостойкости. Озимые сорта активно используют как осеннюю, так и весеннюю влагу. Как результат, величина урожайности озимых значительно выше, чем яровых форм [1].

Яровая тритикале - это сравнительно новая зерновая культура, созданная путем гибридизации яровой пшеницы с яровой рожью. В производстве получили распространение гексаплоидные тритикале ($2n=42$). Зерно яровой тритикале может широко использоваться для производства муки и выпечки кондитерских изделий, производства крахмала и в бродильной промышленности [2,3]. Однако, основное направление использования – комбикормовая промышленность. Зернофураж яровой тритикале имеет существенное преимущество перед другими яровыми зерновыми культурами по кормовым достоинствам. Так, содержание сырого протеина в зерне ярового тритикале на 0,9-3,0%, выход кормовых единиц - на 5,0 ц/га, обеспеченность кормовой единицы протеином на 17 г выше, чем у ячменя [1,4].

Для реализации максимально возможной урожайности зерна и его качества необходимо создать оптимальные условия минерального питания и контролировать их в течение вегетации, вести мониторинг за состоянием растений. Внесение оптимальных норм минеральных удобрений на запланированный уровень урожайности является одним из эффективных методов повышения продуктивного потенциала возделываемых сортов тритикале. В условиях производства не учитывают тот факт, что тритикале по сравнению с рожью более требовательная культура к наличию питательных веществ в усвояемой форме [2,5].

Цель исследований – изучить эффективность внесения минеральных удобрений, рассчитанных на программированный уровень урожайности зерна 5 – 7 и 10 т/га озимой тритикале сорта Немчиновская 56 и яровой тритикале сорта Амиго.

Материалы и методы исследований. В период 2020 – 2022 гг. на опытном поле Брянского ГАУ были развернуты полевые опыты. Почва опытного поля серая лесная, легкосуглинистая, хорошо окультуренная с содержанием гумуса 3,38-3,42%; рН сол. – 5,7-5,9; P_2O_5 - 253-258 и K_2O – 117-119 мг/кг почвы. Степень насыщенности почвы основаниями – 85,5-86,2%.

Агрохимические анализы почвы выполнены по методикам, принятым в агрохимической службе,; рН_{KCl} - ионометрически (ГОСТ 24483-85), гумус - по Тюрину (ГОСТ 26213-74), содержание подвижного фосфора и обменного калия определяли по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84).

Предшественником в опытах был вико-горохо-овсяный занятый пар, убраный на зеленый корм. Осенняя обработка почвы состояла из дискования на глубину 10-12 см. После прорастания сорняков проводили культивацию агрегатом КПС-4 с боронованием за один проход. Предпосевная обработка проведена с разрывом пять дней комбинированным агрегатом на глубину 8-10 см. Перед предпосевной обработкой (согласно схемы полевого опыта) локально сеялкой вносили минеральные удобрения. Для получения программированной урожайности зерна на уровень 10 т/га вносили минеральные удобрения из расчета: N80P90K150 + N53 в фазу кущения + N27 в середине фазы трубкования, на уровень 7 т/га - N60 P90K120 + N33 в фазу кущения + N27 в середине фазы трубкования, на уровень 5 т/га - N30P90K90 + N30 в фазу кущения + N30 в середине фазы трубкования.

Опыты проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и общепринятой методике полевого опыта (Доспехов Б.А., 1985).

Результаты исследований. Проведенные полевые опыты, показали, что в среднем за годы исследований при внесении расчетных норм минеральных удобрений на уровень 10 т/га обеспечили урожайность зерна озимого тритикале сорта Немчиновская 56 - 9,46 т/га (табл. 1). При внесении минеральных удобрений на уровень 7 т/га урожайность зерна составила 6,71 т/га, или на уровне программированной величины.

Таблица 1 – Урожайность зерна озимого тритикале сорта Немчиновская 56 в зависимости от вносимых норм минеральных удобрений (2020 - 2022 гг.)

Норма и сроки внесения минеральных удобрений	Урожайность зерна, т/га			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем
N80P90K150+ N53 ВВВВ + N27 в середине фазы трубкования	9,63	8,85	9,92	9,46
N60P90K120+ N33 ВВВВ + N27 в середине фазы трубкования	6,82	6,60	6,71	6,71
N30P90K90 + N30 ВВВВ + N30 в середине фазы трубкования	5,36	5,21	5,42	5,33
Без внесения минеральных удобрений	3,23	3,05	3,10	3,12
НСР ₀₅	0,25	0,22	0,19	

При внесении минеральных удобрений на уровень урожайности 5 т/га, она составила 5,33 т/га. На биологической технологии без внесения минеральных удобрений сорт Немчиновская 56 обеспечил 3,12 т/га.

В полевых опытах по изучению эффективности расчетных норм минеральных удобрений под яровую тритикале сорта Амиго выявлено, что на вариантах опыта, где были внесены минеральные удобрения из расчета N160P90K150 на планируемый уровень урожайности 10 т/га было в среднем получено по 8,32 т/га зерна (табл. 2).

На варианте интенсивной технологии урожайность зерна составила 5,83 т/га или 86 % от запланированной. На варианте традиционной технологии было собрано по 4,6 т/га, что составляет 92% от планируемого уровня.

На биологической технологии без внесения минеральных удобрений она составила 2,18 т/га, что на ниже 0,93 т/га по сравнению с тритикале озимой сорта Немчиновская 56.

Таблица 2 - Урожайность зерна яровой тритикале сорта Амиго в зависимости от вносимых норм минеральных удобрений (2020 - 2022 гг.)

Норма и сроки внесения минеральных удобрений	Урожайность зерна, т/га			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	в среднем
N80P90K150+ N53 в фазу кущения + N27 в середине фазы трубкования	8,76	8,12	8,10	8,32
N60P90K120+ N33 в фазу кущения + N27 в середине фазы трубкования	5,97	5,41	6,12	5,83
N30P90K90+ N30 в фазу кущения + N30 в середине фазы трубкования	4,82	4,14	4,86	4,60
Без внесения минеральных удобрений	2,20	2,15	2,21	2,18
НСР ₀₅	0,12	0,10	0,13	

Рассматривая технологию возделывания тритикале озимой и яровой на вариантах без внесения минеральных удобрений (биологическая технология) в среднем за 2020 - 2022 гг., можно сделать заключение, что недобор урожая зерна яровой тритикале составил 30% (табл. 3).

На традиционной технологии, где были внесены минеральные удобрения из расчета - N30P90K66 + N30 в фазу кущения + N30 в середине фазы трубкования недобор урожая яровой тритикале составил 14%. На вариантах высокоинтенсивной и интенсивной технологии недобор зерна ярового тритикале составил 13 и 12%, соответственно.

Таблица 3 - Эффективность применения минеральных удобрений на посевах озимого и ярового тритикале (в средн. за 2020 - 2022 гг.)

Норма и сроки внесения минеральных удобрений	Урожайность зерна, т/га			
	озимая тритикале	яровая тритикале	недобор урожая яровой тритикале	
			(-)	%
N80P90K150+N53 в фазу кущения +N27 в середине фазы трубкования	9,46	8,32	1,14	13,0
N60P90K120+N33 в фазу кущения +N27 в середине фазы трубкования	6,71	5,83	0,88	12,0
N30P90K90+N30 в фазу кущения +N30 в середине фазы трубкования	5,33	4,60	0,73	14,0
Без внесения минеральных удобрений (контроль)	3,12	2,18	0,94	31,0

Заключение. Важно отметить, что сорт озимой тритикале Немчиновская 56 отличался высокой отдачей на вносимые нормы минеральных удобрений и обеспечивал программированный уровень урожайности до 9,46 т/га. При внесении минеральных удобрений на уровень 7 т/га урожайность зерна составила 6,71 т/га, что близко к уровню программированной величины.

При внесении минеральных удобрений на уровень урожайности 5 т/га, она составила 5,33 т/га, а на биологической технологии (без внесения минеральных удобрений) сорт Немчиновская 56 обеспечил 3,12 т/га.

На вариантах полевого опыта, где под сорт яровой тритикале Амиго были внесены минеральные удобрения из расчета N160; P₂O₅-90; K₂O-150 на планируемый уровень урожайности 10 т/га в среднем получено по 8,32 т/га зерна. На вариантах интенсивной технологии на фоне N60P90K120+ N33 в фазу кущения + N27 в середине фазы трубкования урожайность зерна составила 5,53 т/га или 79% от запланированной. На варианте традиционной технологии было собрано по 4,6 т/га, что составляет 92% от планируемого уровня урожайности.

Список источников

1. Тритикале - важная кормовая культура / Н.С. Шпилев, Л.В. Лебедько, С.И. Шепелев и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 4 (98). С. 19-24.
2. Биологическая урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы, ячменя, овса и тритикале в условиях юго-запада Центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, М.П. Наумова и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2020. № 5 (81). С. 20-26.

3. Урожайность и качество зерна сортов озимой тритикале в зависимости от уровня минерального питания и норм высева семян / В.Е. Ториков, О.В. Мельникова, Г.П. Малякко и др. // Аграрная наука. 2022. № 9. С. 104-111.
4. Совершенствование элементов технологий возделывания тритикале (*Triticosecale Wittmack & A. Camus*) на юго-западе Центрального региона России: монография / В.Е. Ториков, Н.С. Шпилев, О.В. Мельникова и др.; под ред. В.Е. Торикова. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. 120 с.
5. Ториков В.Е. Система удобрения в адаптивном земледелии / В.Е. Ториков, Н.М. Белоус, О.В. Мельникова. СПб.: Лань, 2023. 196 с.
6. Органоминеральный комплекс гумитон как элемент адаптивной технологии возделывания озимой пшеницы в Брянской области / Суслов А.А., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Иванкин Н.Г., Петров К.В., Мамеев В.В., Ториков В.Е. // Агротехнический вестник. 2020. № 4. С. 24-29.
7. Оценка эффективности удобрений и биопрепарата гумистим при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве / Справцева Е.В., Мимонов Р.В., Белоус Н.М., Косьянчук В.П., Шаповалов В.Ф. // Агротехнический вестник. 2019. № 2. С. 42-47.

Информация об авторах:

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

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

Г.Е. Дорных – аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

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

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

G.E. Dornyx - 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 26.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024..

The article was submitted 26.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Ториков В.Е., Мельникова О.В., Дорных Г.Е.

Научная статья
УДК 633.13:338.439:631.8

ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ОВСА И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ХЕЛАТНЫХ ФОРМ МИКРОУДОБРЕНИЙ

Владимир Михайлович Никифоров, Михаил Иванович Никифоров,
Наталья Михайловна Пасечник

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования эффективности применения некорневых подкормок разными хелатными микроудобрениями трёх сортов ярового овса в условиях полевого опыта 2021-2023 гг. на серых лесных почвах Брянской области. Предшественник - картофель. Норма высева – 5 млн. Агротехника проводилась согласно региональным рекомендациям и рассчитана на получение планируемой урожайности семян 6-8 т/га. Размещение делянок - систематическое, повторность-трёхкратная, общая площадь делянки - 200 м², учетной - 25 м². Установлено, что в сложившихся почвенно-климатических условиях применение двух некорневых подкормок посевов овса хелатным микроудобрением «Фертиск марка А» (1,0 л/га) способствует увеличению количества продуктивных стеблей на 0,6-1,4%, коэффициента продуктивной кустистости на 0,8-4,2 %, массы зерна с метёлки на 0,9-1,8 %, массы 1000 семян на 1,1-1,9 %, массы зерна с 1 м² на 1,7-2,6 %, что в свою очередь способствует увеличению хозяйственной урожайности культуры от 0,1 до 0,2 т/га (2-2,5 %) и рентабельности производства зерна от 3 до 46 %. Применение двух некорневых подкормок посевов овса микроудобрением «Хелатный комплекс» (3,0 л/га) способствует увеличению количества продуктивных стеблей на 2,0-3,2 %, коэффициента продуктивной кустистости на 1,2-5,2 %, массы зерна с метёлки на 0,9-2,1 %, массы 1000 семян на 2,1-3,5 %, массы зерна с 1 м² на 4,1-4,3 %, что в свою очередь способствует увеличению хозяйственной урожайности культуры на 0,2-0,3 т/га (3-3,5 %) и рентабельности производства зерна на 23-46 %. Использование микроудобрения «Хелатный комплекс» взамен микроудобрения «Фертиск марка А» способствует увеличению урожайности овса на 0,9-0,11 т/га (на 1,4-1,6 %), получению дополнительного условного чистого дохода от 282 до 434 руб./га и увеличит рентабельность производства зерна на 10-20 %.

Ключевые слова: овёс яровой (*Avena sativa* L.), сорт, структура урожая, урожайность, экономическая эффективность.

Для цитирования: Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Повышение продуктивности и экономической эффективности возделывания овса от применения хелатных форм микроудобрений // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 19-23.

Original article

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF OATS VARIETIES AND ECONOMIC EFFICIENCY OF ITS CULTIVATION FROM THE USE OF CHELATING FORMS OF MICRONUTRIENT FERTILIZERS

Vladimir M. Nikiforov, Mikhail I. Nikiforov, Natal'ya M. Pasechnik

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The results of the research on the effectiveness of applying foliar fertilizing by various chelate micronutrient fertilizers of three varieties of spring oats under the conditions of field experience 2021-2023 on gray forest soils of the Bryansk region. The predecessor is potatoes. The seeding rate is 5 million. Agricultural technology was carried out in accordance with regional recommendations and is designed to obtain the planned seed yields of 6-8 t/ha. The placement of plots was systematic, included three replicates, total plot area was 200 m² and the registered one was 25 m². It was established that under the current soil-climatic conditions, the use of two foliar fertilizings of oat crops with chelating micronutrient fertilizer "Fertix brand A" (1.0 l/ha) contributes to an increase in the number of productive stems by 0.6-1.4%, the coefficient of productive bushiness by 0.8-4.2%, grain mass per panicle by 0.9-1.8%, mass of 1000 seeds by 1.1-1.9%, grain mass per 1 m² by 1.7-2.6%, which in turn helps to increase economic productivity of crop from 0.1 to 0.2 t/ha (2-2.5%) and profitability of grain production from 3 to 46%. Application of two foliar fertilizers of oats sowings with micronutrient fertilizer "Chelate complex" (3.0 L/ha) contributes to an increase in the number of productive stems by 2.0-3.2%, the coefficient of productive bushiness by 1.2-5.2%, the mass of grain from panicle by 0.9-2.1%, the mass of 1000 seeds by 2.1-3.5%, the mass of grain from 1 m² by 4.1-4.3%, which in turn contributes to an increase in the economic yield of the crop by 0.2-0.3 t/ha (3-3.5%) and the profitability of grain production by 23-46%. The use of micronutrient fertilizer "Chelate Complex" instead of micronutrient fertilizer "Fertix brand A" contributes to an increase in oat yield by 0.9-0.11 t/ha (by 1.4-1.6%), obtaining additional conditional net income from 282 to 434 rubles/ha and will increase the profitability of grain production by 10-20%.

Keywords: spring oats (*Avena sativa* L.), variety, yield structure, yields, economic efficiency.

For citation: V.M. Nikiforov, M.I. Nikiforov, N.M. Pasechnik. Increasing the productivity of oats varieties and economic efficiency of its cultivation from the use of chelating forms of micronutrient fertilizers. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 19-23 (In Russ.).

Введение. Овёс в Российской Федерации был и остается одной из наиболее востребованных фуражных культур [1]. Его посевные площади в хозяйствах всех категорий собственности в нашей стране за последние 5 лет составили от 2,16 до 2,55 млн. га [2, 3]. При этом урожайность овса в по-

следние 20-25 лет остается низкой и в целом по стране не превышает 1,5-2,0 т/га, несмотря на наличие высокоурожайных интенсивных сортов нового поколения [4]. Академик Э.Д. Неттевич в своих трудах отмечал: «В современном сельскохозяйственном производстве сорт выступает как биологический фундамент, на котором строятся все другие элементы урожайности, а без надёжного фундамента, как известно, не может быть и надёжного здания» [5].

Действительно, примерно половина прироста урожайности зерновых колосовых культур, в том числе и овса, достигается за счёт внедрения современных адаптивных сортов, однако вторая половина прироста достигается за счёт совершенствования технологии возделывания [6,7]. При этом система удобрения является ключевым элементом агротехнологии и её совершенствование позволит не только увеличить урожайность и качество зерна, но максимально эффективно использовать экономические и технические возможности хозяйства при минимизации затрат на получение планируемой урожайности культуры [8,9].

Один из способов эффективного использования минеральных удобрений – некорневые подкормки хелатными микроудобрениями. Эти микроудобрения обладают высокой биологической активностью, позволяют регулировать биохимические процессы, происходящие в растениях. Кроме того, они подобны естественным формам нахождения микроэлементов в растениях, что способствует их быстрому поглощению и более эффективному усвоению [10,11].

Цель исследования – изучить влияние некорневых подкормок хелатными микроудобрениями на экономическую эффективность и продуктивность сортов ярового овса.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в условиях стационарного полевого опыта Брянского ГАУ на серых лесных почвах в 2021-2023 гг. Объекты исследований – 3 сорта овса ярового (*Avena sativa* L.): Макс (оригинаторы SAATZUCHT BAUER BIENDORF GMBH & CO. KG и ООО «ЭКОНИВА-СЕМЕНА»), Фристайл (оригинатор РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР НАН БЕЛАРУСИ ПО ЗЕМЛЕДЕЛИЮ») и Яков (оригинатор ФГБНУ «ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»).

Предшественник – картофель. Норма высева – 5,0 млн. всхожих семян на 1 га. Площадь делянки – 200 м², площадь учётной делянки – 25 м². Повторность - трёхкратная, размещение делянок - истематическое.

Основное удобрение вносили под предпосевную культивацию азофоской (16:16:16) в дозе N90P90K90. Эта доза вносилась фоном и служила контролем. На 2-ом варианте опыта применяли две некорневых подкормки посевов овса хелатным микроудобрением «Фертикс марка А», на 3-ем варианте - две некорневых подкормки «Хелатным комплексом» (табл. 1).

Таблица 1 – Схема опыта

№	Вариант опыта	Фаза развития растений	Доза препарата, л/га
1	N90P90K90 (фон, контроль)	кущение	-
		вымётывание	-
2	Фон + «Фертикс марка А»	кущение	1,0
		вымётывание	1,0
3	Фон + «Хелатный комплекс»	кущение	3,0
		вымётывание	3,0

Микроудобрения вводились в состав баковых смесей пестицидов, таким образом некорневые подкормки были совмещены с мероприятиями по защите растений.

Микроудобрение «Фертикс марка А» (ООО «Агро Эксперт Групп», Россия) – жидкое концентрированное удобрение для листовых и корневых подкормок. Содержат микроэлементы в легкоусвояемом концентрированном виде (хелаты). Состав: N_{общ} – 200; MgO - 26,5; SO₃ – 60; Cu - 12,45; Fe - 10,2; Mn - 14,7; Zn - 14,3; Ti – 0,2; Mo – 0,08 г/л. Cu, Mn, Zn - схелатированы EDTA, Fe - ДТРА. Содержат титан – активатор роста, позволяющий повысить впитывание корнями растений азота, фосфора и калия.

«Хелатный комплекс» – жидкое комплексное микроудобрение, разработан в Брянском государственном аграрном университете. Состав разработан с учетом анализа данных по аналогичным отечественным и зарубежным препаратам, а также потребности яровой пшеницы в микроэлементах. В качестве хелатирующего компонента использована янтарная кислота, которая способствует усилению энергетического обмена, активному росту и развитию корневой системы. «Хелатный комплекс» содержит следующие макро и микроэлементы: N_{общ} – 82, P₂O₅ – 82, K₂O – 82, SO₃ – 30, MgO – 19, Mn – 0,5, Cu – 0,24, Zn – 0,17, B – 0,13, Co – 0,03, Mo – 0,06 г/л. Азот содержится в амидной форме.

Уход за посевами включал в себя защиту от болезней, вредителей и сорняков. Пестициды, применяемые в опыте: протравители: Оплот Трио, ВСК + Табу, ВСК (0,6 + 0,6 л/т); в фазу кущения гербицид Балерина, СЭ (0,3 л/га); в фазу вымётывания фунгицид Колосаль Про, КМЭ (0,3 л/га) + инсектицид

Борей Нео, СК (0,1 л/га). Пестициды, применяемые в опыте предоставлены компанией «Август» и разрешены к использованию на территории РФ в 2021-2023 гг.

Система обработки почвы, система защиты растений, выбор предшественника и нормы высева семян проводилась согласно региональным рекомендациям по возделыванию яровых зерновых культур. Экспериментальная работа проведена в сопровождении лабораторных наблюдений и анализов по общепринятым методикам проведения полевых опытов. Экономическую эффективность применения минеральных удобрений рассчитывали по методике Института почвоведения и агрохимии, г. Минск (2010).

Результаты и их обсуждение. Проведённые исследования показали, что в среднем за 3 года количество продуктивных стеблей у овса колебалось в интервале от 649 до 743 шт/м², коэффициент продуктивной кустистости от 1,42 до 1,68, масса зерна с метёлки от 0,96 до 1,14 г, масса 1000 зерен от 36,1 до 38,9 г, масса зерна с 1 м² от 623,0 до 847 г, в зависимости от сорта и варианта опыта (табл. 2).

Таблица 2 – Элементы структуры урожая сортов овса (среднее за 2021-2023 гг.)

Вариант	Среднее количество продуктивных стеблей, шт/м ²	Коэффициент продуктивной кустистости	Масса зерна с 1 метёлки, г	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна, г/м ²
Макс					
1	649	1,42	0,96	37,6	623,0
2	653	1,48	0,97	38,3	633,4
3	662	1,49	0,98	38,9	648,8
Фристайл					
1	693	1,55	1,13	36,1	783,1
2	703	1,58	1,14	36,5	801,4
3	715	1,63	1,14	37,2	815,1
Яков					
1	725	1,66	1,12	37,5	812,0
2	731	1,67	1,14	38,0	833,3
3	743	1,68	1,14	38,3	847,0

Примечание: Вариант 1 - N₉₀P₉₀K₉₀ (контроль); Вариант 2 - N₉₀P₉₀K₉₀ +2 обработки микроудобрением «Фертикс марка А»; Вариант 3 - N₉₀P₉₀K₉₀ +2 обработки микроудобрением «Хелатный комплекс»

Наибольшее количество продуктивных стеблей отмечено на сорте Яков (725 – 743 шт/м²), наименьшее на сорте Макс (649 – 662 шт/м²). На сорте Фристайл данный показатель колебался в пределах от 693 до 715 шт/м². Соответственно коэффициент продуктивной кустистости на сорте Яков также был максимальным и составлял от 1,66 до 1,68. На сорте Фристайл данный показатель колебался в пределах от 1,55 до 1,63, на сорте Макс – от 1,42 до 1,49.

На сорте Макс зафиксирована самая низкая масса зерна с метёлки (0,96-0,98 г) и самая высокая масса 1000 зерен (37,6 – 38,9 г). На сортах Яков и Фристайл масса метёлки была примерно одинаковой и была на уровне 1,12 - 1,14 г, масса 1000 зерен на Якове была на 1,1-1,5 г выше, чем на Фристайле и соответствовала значениям от 37,5 до 38,3 г и от 36,1 до 37,2 г.

Самый высокий показатель массы зерна с 1 м² отмечен на сорте Яков. Данный показатель колебался в пределах от 812 до 847 г, биологическая урожайность сорта при этом составила от 8,12 до 8,47 т/га. На сорте Фристайл биологическая урожайность колебалась в интервале от 7,83 до 8,15 т/га, на сорте Макс – от 6,23 до 6,49 т/га.

Применение некорневых подкормок хелатными микроудобрениями посевов овса оказывало положительное действие на основные элементы структуры урожая на всех изучаемых сортах. Так, минимальные значения количества продуктивных стеблей (649-725 шт/м²), коэффициента продуктивной кустистости (1,42-1,66), массы зерна с метёлки (0,96-1,13 г), массы 1000 зерен (36,1-37,6 г) и массы зерна с квадратного метра (623-812 г) отмечены на контрольном варианте (В-1).

Применение некорневых подкормок микроудобрениями «Фертикс марка А» (В-2) и «Хелатный комплекс» (В-3) увеличивало количество продуктивных стеблей на 4-22 шт. или на 0,6-3,2 %, коэффициента продуктивной кустистости на 0,01-0,08 единиц (на 0,6-5,2 %), массы зерна с метёлки на 0,01-0,02 г (на 1-2 %), массы 1000 семян на 0,4-1,3 г (на 1,1-3,5 %) и массы зерна с 1 м² на 10,4-35,0 г (на 1,7-4,3 %). При этом, на варианте с использованием микроудобрения «Хелатный комплекс» в сравнении с вариантом, где обработка проводилась препаратом «Фертикс марка А» отмечено увеличение коэффициента продуктивной кустистости на 0,01 (на 0,6 %), массы 1000 зерен на 0,3-0,6 г (на 0,8-1,6 %), количества продуктивных стеблей на 9-12 шт./м² (на 1,4-1,7 %) и массы зерна с 1 м² на 13,7-15,4 г или на 1,7-2,5 %.

Увеличение ряда показателей структуры урожая ярового овса, за счёт действия некорневых подкормок хелатными микроудобрениями, способствовало повышению хозяйственной урожайности культуры (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность сортов овса (среднее за 2021-2023 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка урожайности к контролю, т/га
Макс		
1. Фон (контроль)	5,93	-
2. Фон +2 обработки «Фертикс марка А»	6,04	0,11
3. Фон +2 обработки «Хелатный комплекс»	6,14	0,21
Фристайл		
1. Фон (контроль)	7,42	-
2. Фон +2 обработки «Фертикс марка А»	7,60	0,18
3. Фон +2 обработки «Хелатный комплекс»	7,69	0,27
Яков		
1. Фон (контроль)	7,74	-
2. Фон +2 обработки «Фертикс марка А»	7,91	0,17
3. Фон +2 обработки «Хелатный комплекс»	8,02	0,28
НСР ₀₅		0,083

Так, применение некорневых подкормок микроудобрениями «Фертикс марка А» и «Хелатный комплекс» способствовало получению достоверной прибавки урожайности к контролю на величину от 0,11 до 0,28 т/га, в зависимости от сорта. При этом прибавка урожайности на варианте (3) с «Хелатным комплексом» к варианту (2) с применением «Фертикса марка А» на сорте Макс составила 0,10 т/га, на сорте Фристайл 0,9 т/га, на сорте Яков 0,11 т/га, при уровне НСР₀₅=0,083 т/га, что также свидетельствует о существенной прибавке урожайности.

При уровне прибавки урожайности к контролю на 0,11-0,28 т/га, в зависимости от сорта и варианта опыта, дополнительные затраты на приобретение, транспортировку и внесение удобрений, а также на доработку полученной прибавки урожайности составят от 1064 и 1872 руб./га. Стоимость прибавки урожая при цене реализации зерна овса 10000 руб./т в таком случае будет колебаться от 1100 до 2800 руб./га (табл. 4).

Таблица 4 – Экономическая эффективность производства зерна

Показатель	Макс		Фристайл		Яков	
	Фертикс марка А	Хелатный комплекс	Фертикс марка А	Хелатный комплекс	Фертикс марка А	Хелатный комплекс
Прибавка урожайности к контролю, т/га	0,11	0,21	0,18	0,27	0,17	0,28
Стоимость прибавки урожая, руб./га	1100	2100	1800	2700	1700	2800
Дополнительные затраты к контролю, руб./га	1064	1706	1230	1849	1206	1872
Условный чистый доход к контролю, руб./га	36	394	570	851	494	928
Рентабельность к контролю, %	3,4	23,1	46,3	46,1	40,9	49,6

Таким образом, условный чистый доход к контролю от действия некорневых подкормок хелатным микроудобрением «Фертикс марка А» составит от 36 до 570 руб./га с увеличением рентабельности производства зерна овса к контролю от 3,4 до 46,3 %, а от действия микроудобрения «Хелатный комплекс» на 394 - 928 руб./га и на 23,1-46,1 % соответственно. При этом использование микроудобрения «Хелатный комплекс» взамен микроудобрения «Фертикс марка А» обеспечит получение дополнительного условного чистого дохода от 282 до 434 руб./га и увеличит рентабельность производства зерна на 10-20 %.

Заключение. Применение двух некорневых подкормок посевов овса хелатным микроудобрением «Фертикс марка А» (ООО «Агро Эксперт Групп») в дозе 1,0 л/га в составе баковых смесей пестицидов на фоне применения основного удобрения в дозе N₉₀P₉₀K₉₀, способствует увеличению количества продуктивных стеблей на 0,6-1,4%, коэффициента продуктивной кустистости на 0,8-4,2 %, массы зерна с метёлки на 0,9-1,8 %, массы 1000 зерен на 1,1-1,9 %, массы зерна с 1 м² на 1,7-2,6 %, что в свою очередь способствует увеличению хозяйственной урожайности культуры от 0,1 до 0,2 т/га (2-2,5 %) и рентабельности производства зерна от 3 до 46 %.

Применение двух некорневых подкормок посевов ярового овса микроудобрением «Хелатный комплекс» (разработка Брянского ГАУ) в дозе 3,0 л/га при равных условиях опыта, способствует увеличению количества продуктивных стеблей на 2,0-3,2 %, коэффициента продуктивной кустистости на 1,2-5,2 %, массы зерна с метёлки на 0,9-2,1 %, массы 1000 зерен на 2,1-3,5 %, массы зерна с 1 м² на 4,1-4,3 %, что в свою очередь способствует увеличению хозяйственной урожайности культуры на 0,2-0,3 т/га (3-3,5 %) и рентабельности производства зерна на 23-46 %.

Использование микроудобрения «Хелатный комплекс» взамен микроудобрения «Фертикс марка А» способствует увеличению урожайности ярового овса на 0,9-0,11 т/га (на 1,4-1,6 %), получе-

нию дополнительного условного чистого дохода от 282 до 434 руб./га и увеличит рентабельность производства зерна на 10-20 %.

Список источников

1. Ториков В.Е., Макаров А.В. Урожайность и качество зерна овса в зависимости от видов и норм внесения минеральных удобрений // Вестник Брянской ГСХА. 2019. № 6. С. 13-20.
2. Гаврилова Е.Ю. Посевная кампания-2023 станет залогом успешного сезона растениеводства // Сахарная свекла. 2023. № 3. С. 2-7.
3. Динамика развития агропромышленного комплекса (на примере Брянской области - 2022, 2023 годы) / С.М. Сычев, С.А. Бельченко, Г.П. Малявко и др. // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1. С. 3-9.
4. Продуктивность вико-злаковых смесей на сенаж и зерно в зависимости от состава и удобрений при разных погодных условиях в Центральном Нечерноземье / В.В. Конончук, С.М. Тимошенко, В.Д. Штырхунов и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3. С. 78-83.
5. Сорта овса Немчиновской селекции, включенные в Госреестр в последние годы (обзор) / А.Д. Кабашов, И.Г. Лоскутов, Н.М. Власенко и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181, № 1. С. 110-118.
6. Реакция на стресс, агротехника и семеноводство голозерного овса / А.С. Маркова, А.Д. Кабашов, П.М. Политыко и др. // Владимирский земледелец. 2021. № 3. С. 56-61.
7. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях Юго-Запада Центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, В.И. Репникова, Д.М. Мельников // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 2. С. 3-8.
8. Васбиева М.Т., Ямалтдинова В.Р. Эффективность применения различных систем удобрения на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в условиях Предуралья // Агрохимия. 2023. № 3. С. 29-42.
9. Влияние температуры почвы и технологий возделывания на урожайность зерновых культур на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья / С.Ю. Новиков, А.В. Соломатин, Г.А. Гармаш и др. // Биосфера. 2022. Т. 14, № 4. С. 352-355.
10. Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Эффективность применения регулятора роста Вигор Форте в технологии возделывания ярового ячменя // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 6. С. 44-50.
11. Рябчинская Т.А., Бобрешова И.Ю., Зимина Т.В. Новая группа биологических регуляторов роста растений и их роль в растениеводческих технологиях // Сахарная свекла. 2023. № 8. С. 8-15.

Информация об авторах:

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

М.И. Никифоров – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

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

Information about the authors:

V.M. Nikiforov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, vovan240783@yandex.ru.

M.I. Nikiforov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

N.M. Pasechnik - Postgraduate Student, of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

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

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

Статья поступила в редакцию 14.12.2023; одобрена после рецензирования 26.01.2024, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 14.12.2023; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 31.01.2024.

© Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М.

Научная статья
УДК 633.142

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НОВОГО ГИБРИДА КУКУРУЗЫ ШИХАН

¹Булат Гилимханович Ахияров, ¹Дамир Рафаэлович Исламгулов,
²Ришат Рифмильевич Абдулвалеев, ¹Луиза Мунировна Ахиярова
¹ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, Республика Башкортостан, Уфа, Россия
²ФГБОУ ВО «УГНТУ», Республика Башкортостан, Уфа, Россия

Аннотация. В данной статье рассмотрены особенности минерального питания кукурузы на чернозёмах выщелоченных в условиях Республики Башкортостан. Наличие такой информации поможет сократить затраты на удобрения, повышающие устойчивость растений к неблагоприятным условиям роста и развития. Исследования проводили в условиях Учебно-научного центра БГАУ. Проведено изучение разных доз минерального питания с целью установления оптимального питания и повышения продуктивности гибрида кукурузы. Изучен линейный рост растений и площадь листовой поверхности кукурузы в зависимости от минерального питания. Установлена динамика накопления зеленой массы в разные периоды роста в зависимости от уровня питания. Установлены оптимальные дозы внесения минеральных удобрений для нового гибрида кукурузы Шихан. Гибрид Шихан - (FAO 170), раннеспелый трёхлинейный гибрид универсального направления использования. Холодостойкий гибрид, с хорошим начальным развитием. Рекомендован для возделывания по интенсивной технологии на зерно и силос с содержанием зерна восковой спелости, в регионах с ограниченным периодом вегетации. Его главное преимущество – засухоустойчивость, высокая урожайность, быстрая отдача влаги зерном при созревании. Гибрид ремонтантный, созревает на зелёном стебле, даёт высокий урожай зерна. Наибольшая продуктивность гибрида кукурузы Шихан была при внесении минерального удобрения в дозе N103P60K222, где получено 42,38 т/га зеленой массы.

Ключевые слова: кукуруза, силос, удобрение, минеральное питание, доза, гибрид Шихан.

Для цитирования: Оптимизация минерального питания нового гибрида кукурузы Шихан / Б.Г. Ахияров, Д.Р. Исламгулов, Р.Р. Абдулвалеев, Л.М. Ахиярова // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 24-28.

Original article

OPTIMIZATION OF MINERAL NUTRITION OF THE NEW SHIKHAN CORN HYBRID

¹Bulat G. Akhiyarov, ¹Damir R. Islamgulov, ²Rishat R. Abdulvaleev, ¹Luiza M. Akhiyarova
¹Bashkir State Agrarian University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia
²Ufa State Petroleum Technical University, Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

Abstract. This article discusses the features of the mineral nutrition of corn on leached chernozems in the conditions of the Republic of Bashkortostan. The availability of such information will help reduce the cost of fertilizers that increase plant resistance to adverse growth and development conditions. The research was carried out in the conditions of the Educational and Scientific Center of the BSAU. The study of different doses of mineral nutrition was carried out in order to establish optimal nutrition and increase the productivity of a corn hybrid. The linear growth of plants and the area of the leaf surface of corn depending on mineral nutrition were studied. The dynamics of the accumulation of green mass in different periods of growth, depending on the level of nutrition, has been established. The optimal doses of mineral fertilizers for the new hybrid of Sheehan corn have been established. Sheehan hybrid - (FAO 170), an early-maturing three-line hybrid of universal use. A cold-resistant hybrid, with good initial development. It is recommended for cultivation using intensive technology for grain and silage with a grain content of waxy ripeness, in regions with a limited growing season. Its main advantage is drought resistance, high yield, fast moisture return of grain during ripening. The hybrid is remontant, matures on a green stem, and yields a high grain yield. The greatest productivity of the Shihan corn hybrid was when applying mineral fertilizer at a dose of N103P60K222, where 42.38 t/ha of green mass was obtained.

Keywords: corn, silage, fertilizer, mineral nutrition, dose, Shihan hybrid.

For citation: B.G. Akhiyarov, D.R. Islamgulov, R.R. Abdulvaleev, L.M. Akhiyarova. Optimization of mineral nutrition of the new Shikhan corn hybrid. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 24-28(In Russ.).

Введение. В создании прочной кормовой базы в хозяйствах республики важное место отводится кукурузе, как основной силосной культуре, которая при соблюдении технологии возделывания дает по сравнению с другими кормовыми культурами, наибольший выход кормовых единиц с 1 га посева [1, с. 178].

Исследованиями научных учреждений республики и опытом производства доказано, что в условиях республики, особенно её предуральской степной и южной лесостепной зонах, можно получать урожай зеленой массы кукурузы с зерном молочно-восковой и восковой спелости, а при использовании на посев наиболее раннеспелых гибридов - и полной спелости [2, с. 28].

Основными требованиями современной технологии возделывания кукурузы являются: использование для посева раннеспелых гибридов с продолжительностью вегетационного периода не более 120 дней, посев в оптимально ранние сроки, внесение необходимой нормы минеральных удоб-

рений, формирование оптимальной густоты стеблестоя на поле, эффективное применение почвенных и повсходовых гербицидов, а также других средств защиты растений [3, с. 3].

В 100 кг зерна кукурузы содержится 134 корм. ед., овса-100, ячменя-127 корм. ед. Зерно кукурузы в раздробленном и размолотом виде хорошо усваивается животными, в нем содержится до 10% белка, 60-65% крахмала, свыше 4% жира [4, с. 68]. Высокой питательностью отличаются початки кукурузы и кукурузные стебли. Стебли сохраняют кормовую ценность даже в фазе полной спелости зерна и используются для приготовления силоса, а также скармливаются в сухом измельченном виде [6, с. 47]. В 100 кг силоса из початков содержится примерно 40 корм. ед., в стеблях, листьях и початках -21, в силосе из листьев и стеблей без початков- 15 корм. ед. Силос из стеблей и других частей подсолнечника имеет только 13,9 корм. ед. Кукуруза, убранная в фазе молочно-восковой спелости зерна, дает ценный силос, питательная ценность которого при этом повышается на 15-20 % (в 100 кг силоса содержится 28-32 кормовых единиц) [7, с. 54].

Цель исследований. Целью наших исследований являлось получение устойчивых урожаев зеленой массы кукурузы с початками молочно-восковой и восковой спелости при внесении различных доз минеральных удобрений.

Задачи исследований. В связи с этим были поставлены следующие задачи:

- провести фенологические наблюдения;
- определить густоту стояния растений;
- изучить накопление зеленой и воздушно-сухой массы в динамике;
- определить структуру урожая;
- провести учет урожая зеленой массы.

Материалы и методы исследования. Постановку полевых опытов проводили по Б. А. Доспехову. Наступление фенологических фаз - согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Содержание гумуса определяли по ГОСТ 26213-91; валового азота - по Кьельдалю; минеральные формы - по А.Н. Бочкареву и В.Н. Кудярову; подвижного фосфора и обменного калия - по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91); кислотность определяли в 1,0 н КСl вытяжке потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85).

Исследования по оптимизации минерального питания нового гибрида кукурузы Шихан, созданного в условиях республики Башкирским ГАУ совместно с Всероссийским НИИ кукурузы, проводили в условиях Учебно-научного центра Башкирского ГАУ. В 2021 году гибрид Шихан включен в государственный реестр селекционных достижений и стояла задача разработать сортовую адаптированную технологию его возделывания. Гибрид Шихан - (ФАО 170), раннеспелый трёхлинейный гибрид универсального направления использования. Холодостойкий гибрид, с хорошим начальным развитием. Рекомендован для возделывания по интенсивной технологии на зерно и силоса с содержанием зерна восковой спелости в регионах с ограниченным периодом вегетации. Его главное преимущество – засухоустойчивость, высокая урожайность, быстрая отдача влаги зерном при созревании. Гибрид ремонтантный, созревает на зелёном стебле, даёт высокий урожай зерна. Устойчив к ломкости стебля ниже початка во время вегетации пузырчатой головне, стеблевым гнилям и ломкости стебля, среднеустойчив к пыльной головне и фузариозу початков. Устойчив к прикорневому полеганию, к поражению стеблевыми гнилями, пыльной и пузырчатой головней, а также к повреждению кукурузным стеблевым мотыльком.

Характеристика почвы опытного участка: почва - чернозем выщелоченный, среднемоощный, среднегумусный, тяжелосуглинистый на делювиальном карбонатном суглинке. Агрохимические показатели пахотного слоя: содержание гумуса – $6,1 \pm 0,2$; нитратный азот – $0,47 \pm 0,02$; фосфора – $0,18 \pm 0,01$; калия – $1,5 \pm 0,03\%$; сумма поглощенных оснований – $39,3 \pm 0,3$ мг-экв. на 100 г почвы; pH_{KCl} - $5,4 \pm 0,1$.

Результаты и их обсуждение. Линейный рост кукурузы в значительной степени определяется погодными условиями, находясь в прямой зависимости от освещения, температуры и влажности воздуха. Теплая и влажная погода лета 2021-2023 годов оказала благоприятное влияние на темпы роста растений кукурузы.

Исследованиями выявлено, что растения кукурузы в первоначальный период растут медленно - 1.5см/сутки. Это происходит до образования первого надземного стеблевого узла, так как в это время усиленно развивается корневая система. Затем темпы роста постепенно увеличиваются, достигая максимума перед выметыванием, до 5.1см/сутки. После цветения рост в высоту прекращается. За короткий период растения накапливают до 75% органической массы (табл. 1).

Таблица 1 - Линейный рост кукурузы в зависимости от внесения минеральных удобрений, см

Вариант	Дата определения						
	1.06	15.06	1.07	15.07	1.08	15.08	30.08
2021 г.							
N33K32	7,2	20,9	74,8	106,8	204,0	262,0	280,0
N61P12K123	7,5	23,0	77,9	108,1	213,0	285,0	289,0
N103P60K222	7,6	25,5	78,3	110,0	219,0	292,0	293,0
2022 г.							
N33K32	7,1	21,2	75,0	96,0	202,0	267,0	281,0
N61P12K123	7,3	26,0	80,0	101,9	211,0	288,0	292,0
N103P60K222	7,7	25,1	82,0	108,7	222,0	292,0	295,0
2023 г.							
N33K32	7,3	22,4	74,6	97,1	210,0	269,0	284,0
N61P12K123	7,6	26,8	81,3	103,4	215,0	292,0	297,0
N103P60K222	7,7	26,2	84,0	109,2	229,0	298,0	298,0

По мере улучшения пищевого режима почвы среднесуточные приросты и высота растений возрастали.

Как отмечалось выше, для формирования высокого урожая зеленой массы, посеvy кукурузы должны образовывать листовую поверхность площадью не менее 60-80 тыс. кв.м/га.

В опытах, для определения площади листьев, брались 10 растений с каждой повторности, их средняя площадь листьев приведена в таблице 2.

Исследованиями многих авторов установлена прямая зависимость между урожаем и площадью листовой поверхности растений [8, с. 7]. Поэтому изыскание приемов, способствующих формированию оптимальной площади листьев является одной из важнейших задач полеводства.

Большая площадь листьев не всегда соответствует высокому урожаю, так как при чрезмерном развитии листового аппарата в посевах возрастает взаимное затенение. Вследствие этого ухудшается освещенность, наблюдается снижение чистой продуктивности фотосинтеза, что нередко является причиной снижения урожайности.

На зависимость формирования листовой поверхности от обеспеченности растений питательными веществами указывает в своих работах В.С. Сотченко [9, с. 10].

Интенсивность нарастания листовой поверхности одного растения и на единицу площади посева была неодинаковой в течении всей вегетации и достигла максимальных значений в период с 3-5 августа по 23-25 августа (табл. 2).

Одним из важнейших показателей фотосинтетической деятельности посевов является время функционирования листьев. Многочисленные исследования показывают, что важное условие увеличения интенсивности фотосинтеза – создание благоприятных условий минерального питания.

Таблица 2 - Площадь листьев растений кукурузы в зависимости от внесения минеральных удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Дата определения						
	01.06	15.06	01.07	15.07	01.08	15.08	30.08
2021 г.							
N33K32	1,17	8,51	25,92	39,49	71,35	86,52	94,59
N61P12K123	1,22	8,55	28,19	46,02	77,36	87,81	101,51
N103P60K222	1,21	8,62	29,70	48,85	83,43	90,50	104,59
2022 г.							
N33K32	1,18	8,80	26,56	42,09	73,02	86,51	96,82
N61P12K123	1,20	9,01	28,56	47,20	78,06	87,80	103,90
N103P60K222	1,19	9,36	29,30	48,26	84,91	92,21	108,45
2023 г.							
N33K32	1,17	8,94	26,67	42,12	73,16	86,53	96,96
N61P12K123	1,22	9,12	28,93	47,23	78,12	87,91	104,23
N103P60K222	1,23	9,38	29,45	48,29	84,99	92,38	109,37

Результаты наших исследований показали, что урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от уровня минерального питания составляла по годам пользования 23,1 – 38,6 т/га (табл. 3). В таблице 3 приводится накопление зеленой массы растениями кукурузы в течение вегетационного периода.

Таблица 3 - Динамика накопления зеленой массы в зависимости от внесения минеральных удобрений, т/га

Варианты	Дата определения						
	01.06	15.06	01.07	15.07	01.08	15.08	30.08
2021 г.							
N33K32	0,74	2,70	4,62	10,78	17,71	22,33	23,90
N61P12K123	0,75	3,07	5,22	11,69	20,02	24,64	31,57
N103P60K222	0,77	3,07	5,53	12,31	21,95	29,65	34,73
2022 г.							
N33K32	0,76	2,93	5,98	13,64	22,60	41,72	46,47
N61P12K123	0,77	3,35	6,30	14,89	24,74	42,50	52,52
N103P60K222	0,79	3,89	6,98	15,90	25,37	43,03	53,83
2023 г.							
N33K32	0,75	2,70	4,83	11,54	18,40	30,72	23,87
N61P12K123	0,76	3,13	5,30	12,39	20,94	25,10	33,57
N103P60K222	0,77	3,18	5,69	13,70	22,33	30,03	38,58

Таким образом, в среднем за годы опыта наибольшая урожайность зеленой массы получена в третьем варианте опыта, которая составила 42,38 т/га. Продуктивность посевов первого и второго вариантов составила 31,41 и 39,22 т/га зеленой массы, соответственно. На формирование продуктивности посевов кукурузы оказали влияние густота стояния растений и почвенно-климатические условия (табл. 3).

Биологическая урожайность и элементы её структуры определяются для анализа эффективности отдельных технологических приемов, оценки качества уборки и прогноза валовых сборов. Биологическая урожайность – масса урожая посева с 1 га, при 100% чистоте.

Таблица 4 - Структура урожая зеленой массы кукурузы в зависимости от внесения минеральных удобрений, %

Варианты	Доля участия, %		
	початки	листья	стебель
N33K32	37	41	18
N61P12K123	38	42	19
N103P60K222	46	42	12

Таким образом, независимо от общей урожайности структура урожая растений кукурузы примерно одинакова. Небольшое отклонение отмечается в 3 варианте в пользу увеличения процента початков (табл. 4).

Конечная цель наших исследований - определение урожайности надземной биомассы кукурузы. На различных вариантах опыта за годы исследований были получены следующие результаты: средняя урожайность за годы опыта составила 31,41 т/га в 1 варианте; 39,22 и 42,38 т/га в 2 и 3 вариантах, соответственно (табл. 5).

Таблица 5 - Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от внесения минеральных удобрений, т/га

Варианты	Урожайность зеленой массы, т/га				Откл. +/-
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	средняя	
N33K32	23,90	46,47	23,87	31,41	-
N61P12K123	31,57	52,52	33,57	39,22	7,81
N103P60K222	34,73	53,83	38,58	42,38	10,97
HCP ₀₅	1,02	0,93	1,03	1,01	-

В ходе исследований выявлено, что урожайность растений кукурузы по вариантам опыта варьирует в зависимости от последствий минеральных удобрений. Согласно вариантам опыта наибольшая урожайность получена в 3 варианте, однако фактически полученная урожайность показывает, что урожайность культуры не доходит до планируемой максимальной, что связано с природно-климатическими условиями региона.

Выводы. Для получения высокого урожая зеленой массы кукурузы необходимо формировать листовую поверхность площадью не менее 70 – 80 тыс. кв.м./га, которая обеспечивает оптимальную фотосинтетическую деятельность посевов. Урожайность зеленой массы кукурузы находится в прямой зависимости от последствий минерального питания. Так, в среднем за годы проведения опытов наибольшая урожайность зеленой массы получена в варианте с внесением N103P60K222 в расчете на 40 т урожая зеленой массы.

Список источников

1. Сотченко Д.Ю., Мартиросян В.В., Жиркова Е.В. Химический состав зерна гибридов кукурузы отечественной селекции // Наука – главный фактор инновационного прорыва в пищевой промышленности: сб. материалов юбилейного форума, посвящ. 85-летию со дня основания ФГАНУ "Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности". 2017. С. 177-180.
2. Формирование урожая гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан / Б.Г. Ахияров, Б.Н. Сотченко, Р.Р. Абдулвалеев и др. // Пермский аграрный вестник. 2020. № 1 (29). С. 28-37.
3. Подбор гибридов кукурузы селекции ФГБНУ ВНИИ кукурузы для условий Республики Башкортостан / В.С. Сотченко, И.Ю. Кузнецов, Б.Г. Ахияров и др. // Кукуруза и сорго. 2018. № 1. С. 3-8.
4. Черкашина А.В., Сотченко Е.Ф. Оценка адаптивной способности и стабильности раннеспелых гибридов кукурузы // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 2 (100). С. 68-76.
5. Ахияров Б.Г., Мухаметшин А.М., Авсахов Ф.Ф. Продуктивность гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан // Наука молодых – инновационному развитию АПК: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых. 2016. С. 3
6. Сотченко, Е.Ф., Орлянская Н.А., Сотченко Д.Ю. Сравнительная оценка новых раннеспелых гибридов кукурузы по урожайности и адаптивности // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 1 (99). С. 46-54.
7. Скорость потери влаги зерном кукурузы в период созревания в зависимости от генотипа и условий среды / В.С. Сотченко, А.Э. Панфилов, А.Г. Горбачева и др. // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 1. С. 54-65.
8. Исходный материал для создания раннеспелых гибридов кукурузы / Д.Ю. Сотченко, А.С. Войтов, Д.Ю. Сотченко, А.А. Таов // Кукуруза и сорго. 2020. № 4. С. 3-9.
9. Сотченко В.С., Сотченко Ю.В. Состояние и перспективы селекции и семеноводства кукурузы // Кукуруза и сорго. 2021. № 2. С. 5-11.

Информация об авторах:

Б.Г. Ахияров – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры растениеводства, селекции растений и биотехнологии, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, bsau-bulat@rambler.ru.

Д.Р. Исламгулов - доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и точного земледелия, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, damir_islamgulov@mail.ru.

Р.Р. Абдулвалеев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры специальной химической технологии, ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, rishatkim@mail.ru

Л.М. Ахиярова – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимического анализа и биотехнологии, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, akhijarva-luiza@rambler.ru

Information about authors:

B.G. Akhiyarov - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Crop Production, Plant Breeding and Biotechnology, Bashkir State Agrarian University, bsau-bulat@rambler.ru.

D.R. Islamgulov - Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Precision Agriculture, Bashkir State Agrarian University, damir_islamgulov@mail.ru.

R.R. Abdulvaleev - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Special Chemical Technology, Ufa State Petroleum Technical University, rishatkim@mail.ru.

L.M. Akhiyarova - Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher at the Laboratory of Biochemical Analysis and Biotechnology, Bashkir State Agrarian University, akhijarva-luiza@rambler.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 16.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 16.11.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Ахияров Б.Г., Исламгулов Д.Р., Абдулвалеев Р.Р., Ахиярова Л.М.

Научная статья
УДК 631.811.98:633.62(470.333)

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОРЕГУЛЯТОРОВ РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОРГО САХАРНОГО В АГРОЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЯХ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Татьяна Ивановна Васькина, Александр Викторович Дронов,
Сергей Александрович Бельченко
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с оптимизацией минерального питания растений для получения стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Одним из инновационных достижений в сельском хозяйстве являются регуляторы роста растений. Представлены результаты исследований эффективного применения биорегуляторов роста растений на архитектуру посевов, продуктивность, структуру, качество урожая агроценозов сорго сахарного в агроландшафтных условиях Брянской области. Проведена оценка влияния биорегуляторов роста на архитектуру посевов, продуктивность, структуру, качество урожая сорго в условиях серых лесных почв юго-запада Центрального региона России. Показано, что при применении препарата Альбит на фоне минерального питания - азофоска $N_{60}P_{60}K_{60}$ полевая всхожесть семян сорго кормового (сахарного) составила 84,3%, что на 14,2 % больше, чем на этом же фоне без применения препарата. Выше на 12,5% оказалась и выживаемость растений в этом варианте по сравнению с контролем. Обработка семян и растений гибридов сорго сахарного Зерсил F_1 и Славянское приусадебное F_1 препаратом Гумистим оказала наиболее эффективное влияние на урожайность зелёной надземной массы, которая увеличилась в среднем на 7,0-9,1% или на 3,5-4,6 т/га и составила 52,7 и 55,0 т/га соответственно.

Ключевые слова: сорго сахарное, биорегуляторы роста, предпосевная обработка, структура посевов, всхожесть, выживаемость, урожайность.

Для цитирования: Васькина Т.И., Дронов А.В., Бельченко С.А. Обоснование применения биорегуляторов роста при возделывании сорго сахарного в агроландшафтных условиях Брянской области // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 29-33.

Original article

JUSTIFICATION OF APPLYING GROWTH BIOREGULATORS WHEN CULTIVATING SUGAR SORGHUM IN THE AGRO-LANDSCAPE CONDITIONS OF THE BRYANSK REGION

Tatyana I. Vas'kina, Alexandr V. Dronov, Sergey A. Bel'chenko
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article discusses issues related to the optimization of mineral nutrition of plants to obtain consistently high yields of agricultural crops. One of the innovative achievements in agriculture is plant growth regulators. The results of researches of the effective use of plant growth bioregulators on the development and productivity of sugar sorghum agrocenoses in the agroclimatic conditions of the Bryansk region are presented. An evaluation of the growth bioregulator influence on the architectonics of crops, productivity, structure and quality of the sorghum crop was made in the conditions of gray forest soils in the southwest of the Central region of Russia. It was proved that when using the preparation Albit against the background of mineral nutrition - azophoska $N_{60}P_{60}K_{60}$, the field germination of forage (sugar) sorghum seeds was 84.3%, that is 14.2% more than against the same background without the use of the preparation. The plant survival rate in this variant was also higher by 12.5% compared to the control. The treatment of seeds and plants of the sweet sorghum hybrids Zersil F_1 and Slavyanskoe Priusadebnoe F_1 with Gumistim had the most effective effect on the yields of green above-ground mass, which increased by an average of 7.0-9.1% or by 3.5-4.6 t/ha and amounted to 52.7 and 55.0 t/ha, respectively.

Keywords: sugar sorghum, forage sorghum growth bioregulators, pre-sowing treatment, sowing structure, germination, survival, yields.

For citation: T.I. Vas'kina, A.V. Dronov, S.A. Bel'chenko. Justification of applying growth bioregulators when cultivating sugar sorghum in the agro-landscape conditions of the Bryansk region. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 29-33 (In Russ.).

Введение. В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента № 20 от 21 января 2020 г., развитие сельского хозяйства является основой обеспечения продовольственной независимости страны [1]. В условиях сегодняшнего положения в мире сельскохозяйственное производство России нацелено на удовлетворение внутренних потребностей и наращивание экспортных возможностей. Эффективность АПК определяется в значительной степени использованием достижений научно-технического прогресса и получением стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур, достижение которых связано с оптимизацией системы минерального питания растений. При этом особое внимание уделяется внедрению современных технологий возделывания высокопродуктивных растений, среди которых важное место занимает сорго сахарное [*Sorghum saccharatum* (L.) Pers], культура разностороннего использования в ряде регионов мира и нашей страны. Так, по сведениям учёных-исследователей РосНИИСК «Россорго», отмечается высокая способность растений сорго сахарного накапливать в соке стеблей до 18-24 процентов водораство-

римых сахаров. Данное уникальное свойство сорго сахарного расширяет потенциальные возможности культуры не только как сырья для производства кормов - зелёный корм, силос, но и в различных областях перерабатывающей промышленности на пищевые цели - глюкозо-фруктозный сироп, сорговый мёд и технические - биоэтанол, биотопливо. Сахар сока стеблей представлен смесью глюкозы, фруктозы и сахарозы. Сироп сахарного сорго по питательности не уступает сахаросодержащим продуктам из сахарной свёклы, сахарного тростника, при этом возделывание культуры более экономично и стабильно в любых условиях возделывания. Согласно медицинским исследованиям, сорговый сироп в чистом виде легче усваивается организмом человека и является оздоровительным продуктом питания для больных сахарным диабетом. Также в соке содержится немало макро- и микроэлементов, протеина, пектиновых веществ, ряда незаменимых аминокислот и витаминов. Сироп успешно может быть использован в производстве пива, дрожжей, кваса, а сорговая патока или сорговый мёд - в приготовлении напитков и кондитерских изделий. Экспериментально доказан такой агробιологический приём как пинцировка (удаление) метёлок после цветения, что повышает сахаристость и снижает содержание крахмала и фенольных соединений в соке стеблей, а, следовательно, увеличение сбора сахаров с единицы площади. При помощи удаления метёлок в фазу цветения - предотвращается отток сахаристых веществ на формирование зерна и сохраняется накопление сахаров в стеблях [2,3,4].

В настоящее время одним из инновационных достижений в сельском хозяйстве является применение регуляторов роста растений, которые подразделяются на две группы: 1) эндогенные, продуцируемые растениями - гиббереллин, ауксин и т.д., и 2) экзогенные, образующиеся в процессе синтеза органических веществ. Регуляторы роста растений первой группы особенно важны и незаменимы, поскольку они участвуют во всех этапах жизни растений. Синтетические регуляторы роста способны повышать устойчивость к неблагоприятным факторам, ускорять или замедлять фенологические фазы, выстраивать оптимальную архитектуру растений, увеличивать количество и качество урожая. Кроме этого, они различаются механизмом действия: составляющие вещества ингибируют транспорт гиббереллинов и ауксинов; приводят к нарушению синтеза и обмена этиленом; цитокининподобные регуляторы роста и развития растений; стимуляторы и ингибиторы метаболизма - фотосинтеза, дыхания, транспирации и др.

Биорегуляторы роста обладают широким спектром физиологической активности, безопасны для человека и окружающей среды, а также благодаря низким нормам расхода и способности управлять процессами роста и развития растений имеют широкое перспективное применение в сельском хозяйстве. Оказывая благоприятное влияние на ростовые, физиологические и формообразовательные процессы, происходящие в растениях, регуляторы роста пользуются не меньшим спросом, чем минеральные удобрения или средства защиты растений. Они предотвращают полегание культур, улучшают завязь плодов и вегетативное размножение, ускоряют их созревание, повышают иммунитет растений, засухоустойчивость и морозостойкость, урожайность и качество продукции, и кроме того снижают содержание нитратов, радионуклидов и тяжёлых металлов [5].

Органическое происхождение и экологичность биостимуляторов способствует мощному скачку их рыночного производства. Основные составляющие синтетических регуляторов роста растений - это препараты на основе гуминовых кислот, аминокислот и экстракты на основе морских водорослей и растений с выраженными иммуно-модуляторными свойствами.

Применение регулятора роста в баковых смесях совместно с инсектицидами, фунгицидами, гербицидами и внесением жидких удобрений снимает их отрицательное влияние на культурные растения и является экономически выгодным и экологически целесообразным. Действие регуляторов роста принципиально отличается от действия удобрений, так как регуляторы - не питательные вещества, а факторы управления ростом и развитием растений. Росторегулирующий эффект достигается благодаря грамотному подбору препаратов, правильной дозировки и концентрации, при этом необходимо учитывать качество семенного материала и методы предпосевной обработки, погодные условия и состояние посевов. Последние достижения науки в исследованиях учёных Дона, Кубани, Крыма, Поволжья, ряда регионов Центральной России и их передовой опыт способствуют решению вопросов совершенствования и разработки агротехнологий возделывания сорго сахарного, том числе и с применением современных регуляторов роста [6,7,8,9].

Результаты многолетних исследований учёных Брянского ГАУ по внедрению сорговых культур в полевое кормопроизводство позволили создать многовариантные технологии их возделывания, разработать схемы зелёного и сырьевого конвейеров для производства качественных кормов и успешно апробированы в ряде хозяйств Брянской области (СПК «Культура» Брянского района, Учхоз «Кокино» Выгоничского района, СПК «Кистёрский», СХПК «Дружба» Погарского района) [10,11,12,13,14].

Однако следует заметить, что технологии возделывания, особенности формирования урожая и качества продукции сорговых культур с применением биологически активных веществ и регуляторов

роста растений не достаточно полно изучены. В связи с этим изучение эффективности применения некоторых регуляторов роста при возделывании сорго сахарного на корм представляет большой научный и производственный интерес.

Цель исследований заключалась в проведении оценки влияния биорегуляторов роста на архитектуру посевов, продуктивность, структуру, качество урожая сорго сахарного в условиях серых лесных почв Брянской области.

Материал и методика исследований. Наши исследования проводились в 2018-2020 гг. в условиях стационара опытного поля Брянского ГАУ. Почвенный покров в регионе представлен серыми лесными легкосуглинистыми почвами, хорошо окультуренными, с содержанием гумуса - 3,6-3,7 %, подвижных форм фосфора 300-302 мг/кг, калия 260-268 мг/кг почвы, реакция почвенного раствора на уровне pH 5,5-5,7.

Методы исследований: полевые, лабораторные, статистические. В качестве объектов исследований взяты отечественные сорта и гибриды сорго сахарного селекции ВНИИ сорго и сои «Славянское поле» и Аграрного Научного Центра «Донской» (Ростовская область, г. Зерноград). Предшественники - тритикале озимая и однолетние травы. Агротехника опытов принятая в регионе для кормовых культур. Исследования проводили согласно общепринятым методикам [15,16].

Экспериментальные исследования в 2018-2020 годах проводили на основе закладки четырёх мелкоделёночных полевых опытов с сахарным сорго, во время которых применялись биопрепараты Альбит, Гумисол-М и Гумистим (предпосевная обработка семян и некорневая подкормка). Во время вегетационного периода проводили фенологический мониторинг роста и развития изучаемых сортов сорго сахарного, определяли морфологические параметры габитуса растений по общепринятым методикам. Учёт урожайности надземной массы проводили в фазу молочно-восковой спелости зерна (сенажно-силосное направление). Для проведения структурного анализа и выхода сухого вещества отбирали снопы зелёной массы по 1 кг.

Лабораторные анализы выполнены в Центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ. Результаты количественных определений подвергали статистической обработке, урожайные данные обрабатывали методами дисперсионного и корреляционного анализа [17].

Результаты исследований. Согласно данным метеорологической станции Брянского ГАУ природно-климатические условия вегетационных периодов агроэкологического сортоиспытания за период наших исследований (2018-2020 гг.) характерно отличались друг от друга, как среднесуточной температурой воздуха, так и количеством выпавших осадков. В общем, следует отметить, что погодные условия были благоприятными для формирования достаточно высоких урожаев кормовой массы сорго в агроклиматических условиях Брянской области. Было выявлено, что при применении минерального питания и биопрепаратов Альбит и Гумисол-М показатели архитектуры посевов, онтогенеза, продуктивности посевов сорго сахарного Славянское приусадебное F₁ были весьма различными. Анализ структуры посевов этого гибрида (полевая всхожесть, выживаемость, сохранность растений) в 2018-2019 гг. представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Структура посевов сорго сахарного Славянское приусадебное F₁ на фоне минерального питания и применения биорегуляторов роста (2018-2019 гг.)

Фон минерального питания	Густота стояния, шт./м ²		Полевая всхожесть, %	Выживаемость растений, %	Сохранность растений перед уборкой, %
	всходы	перед уборкой			
Без обработки семян регуляторами роста					
Без удобрений (К)	44,8	39,3	64,0	56,1	87,7
N60P60K60 - фон 1-азофоска	49,6	46,8	70,1	66,9	94,4
P60K60 - фон 2 –борофоска	46,5	38,0	66,4	54,3	81,7
При обработке семян Альбитом (норма 80 мл/т)					
Без удобрений (К)	52,4	48,9	75,3	69,9	93,3
N60P60K60 - фон 1	59,0	55,6	84,3	79,4	94,2
P60K60 - фон 2	54,8	50,1	78,3	71,6	91,4
При обработке семян Гумисол-М (норма 80 мл/т)					
Без удобрений (К)	49,7	42,6	71,0	60,9	85,7
N60P60K60 - фон 1	55,6	50,1	79,4	71,6	90,1
P60K60 - фон 2	52,1	48,2	74,4	68,9	92,5

По результатам исследований было выявлено, что применение препарата Альбит на фоне минерального питания - азофоска N60P60K60 увеличило полевую всхожесть семян, которая составила 84,3% в среднем за три года, что больше на 14,2 %, чем на этом же фоне без применения препарата. На 12,5% выше была и выживаемость растений в данном варианте по сравнению с контролем. На

фоне минерального питания Р60К60 - борофоска полевая всхожесть была выше контрольной на 11,9 % и выживаемость растений - на 12,7%. Применение препарата Гумисол-М на фонах 1 и 2 минерального питания незначительно увеличило значения полевой всхожести и сохранности растений в сравнении с контролем (без обработки семян биорегулятором роста).

Однако применение биопрепаратов заметно повлияло на прохождение начальных фаз развития растений: так использование Альбита и Гумисол-М сократило межфазный период кущения - выход в трубку на 4 суток; выход в трубку - вымётывание сократился на 2-6 суток, а вымётывание - цветение на 1-4 суток. Таким образом, вегетационный период при использовании Альбита в целом сократился на 8 суток, при применении Гумисол-М - на 9 суток, то есть продолжительность вегетации составила в среднем 126-127 суток, а на контроле - 135 суток.

Относительно урожайности кормовой массы следует сказать что, применение биопрепаратов роста на различных фонах минерального питания не дало существенной прибавки. Так, урожайность сухой массы гибрида сахарного сорго Славянское приусадебное F₁ находилась в пределах 12,4-13,3 т/га. При предпосевной обработке семян Альбитом на фоне - азофоска N60P60K60 прибавка урожайности составила 0,9 т/га, при обработке Гумисолом-М - 0,7 т/га; на фоне - борофоска Р60К60 Альбит дал прибавку 0,8 т/га, а Гумисол-М - 0,7 т/га.

При проведении исследований было выявлена наибольшая эффективность применения Гумистима при обработке семян и некорневой подкормки растений гибридов сорго сахарного Зерсил F₁ и Славянское приусадебное F₁. Урожайность их зелёной надземной массы увеличилась в среднем на 7,0-9,1% или на 3,5-4,6 т/га и составила 52,7 и 55,0 т/га соответственно (табл.2).

Урожайность надземной зелёной сортов Дебют и Лиственит повысилась незначительно под влиянием препарата, доля влияния которого составила всего 8,2% при невысоком коэффициенте корреляции 0,286 в 2018 году, но в 2019 году отмечена существенная прибавка от применения Гумистима - доля влияния высокая, коэффициент детерминации составил 28,0%, при коэффициенте корреляции 0,529.

Следует отметить, что в среднем за три года применение препарата Гумистим позволило повысить полевую всхожесть сорго сахарного на 7-14 % по сравнению с контролем, и, следовательно, увеличить урожайность на 6,5-9,1%, при этом доля влияния составила 17,7% (коэффициент корреляции 0,421).

Таблица 2 – Урожайность зелёной надземной массы сортов и гибридов сорго сахарного в зависимости от применения Гумистима (2018-2020 гг.), т/га

Действие Гумистима (фактор А)	Сорт, гибрид (фактор В)	2018	2019	2020	Среднее за три года
Без Гумистима (контроль)	Дебют	38,7	48,1	46,1	44,3
	Лиственит	46,3	40,5	49,4	45,4
	Зерсил F ₁	51,1	46,6	49,9	49,2
	Славянскоеприусадебное F ₁	49,0	50,9	51,2	50,4
Обработка семян + некорневая подкормка (кущение)	Дебют	40,2	52,0	49,3	47,2
	Лиственит	47,1	43,8	50,5	47,1
	Зерсил F ₁	54,8	51,4	52,0	52,7
	Славянское приусадебное F ₁	55,0	55,2	54,8	55,0
Среднегодовая урожайность		47,6	48,5	50,4	
НСР ₀₅ (фактор А)		2,7	1,8	1,7	
НСР ₀₅ (фактор В)		1,9	1,3	1,2	
НСР ₀₅ для частных различий		3,9	2,5	2,6	
Точность опыта, %		2,7	1,6	1,7	

Следует отметить, что в среднем за три года применение препарата Гумистим позволило повысить полевую всхожесть сорго сахарного на 7-14 % по сравнению с контролем, и, следовательно, увеличить урожайность на 6,5-9,1%, при этом доля влияния составила 17,7% (коэффициент корреляции 0,421).

Выводы. По результатам проведенных исследований следует, что применение биологически активных препаратов Альбит, Гумистим, Гумисол-М при возделывании сорго сахарного является эффективным приёмом современных агротехнологий. Рекомендуется проводить предпосевную обработку семян сорго биопрепаратами Альбит и Гумисол-М (норма 80 мл/т) и некорневую подкормку Гумистимом (из расчёта 6 л/га) в период кущения-выхода в трубку сорго сахарного, которые способствовали улучшению параметров формирования и структуры посевов, повышению продуктивности растений, стресс-толерантности, качества урожая.

Список источников

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: указ Президента РФ № 20 от 21.01.2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/#review>.
2. Sorghum in the 21st Century: Food - Fodder -Feed - Fuel for a Rapidly Changing World(eBook) / V.A. Tonari, H.S. Talwar, A.K. Are, B.V. Bhat, Ch. R. Reddy, T.J. Dalton // Springer. 2020. 932 p.
3. Сахарное сорго как сахаронос и альтернативный источник биоэнергии (обзор) [Электрон. ресурс] / О.Б. Каменева, О.П. Кибальник, И.Г. Ефремова и др. // АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал. 2021. №5. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_602.pdf.
4. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Использование сорго сахарного в качестве источника питательных веществ для человека (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 3 (63). С. 3-9.
5. Оценка эффективности удобрений и биопрепарата гумистим при возделывании озимой пшеницы на радиоактивно загрязненной почве / Е.В. Справцева, Р.В. Мимонов, Н.М. Белоус и др. // Агрохимический вестник. 2019. №2. С. 42-47.
6. Influence of growth regulators on the development and productivity of soybean (*Glycine max* (L.) and sorghum crops (*Sorghum* spp.) / N.M. Belous, S.A. Belchenko, A.V. Dronov, O.A. Zaitseva, V.V. Mameev // Journal of Critical Reviews. China (Taipei). 2020. Vol.7, Issue 12. P. 1925-1935.
7. Тараненко В.В., Дмитриева И.Г., Муравьев В.С. Разработка регулятора роста для культуры сорго // Земледелие. 2022. № 4. С. 35-39.
8. Шкодина Е.П. Биологические основы выращивания сорго на Северо-Западе Нечерноземной зоны // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. № 22 (4). С. 531-541.
9. Юдина В.Н., Болдырева Л.Л. Изучение содержания водорастворимых сахаров в стеблях сорго сахарного в условиях предгорного Крыма // Растениеводство и луговодство: сб. материалов Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. М.: Изд-во APCPubl. 2020. С. 249-251.
10. Agrobiological characteristics of aftermath ability and shoot structure in cultivation of fodder sorghum / N.M. Belous, S.A. Belchenko, A.V. Dronov, V.V. Dyachenko, V.E. Torikov // Journal of Environmental Treatment Techniques. United Arab Emirates. 2019. Vol.7, Issue 4. P. 623-630.
11. Дронов А.В. Эффективность минеральных удобрений при возделывании сорго-суданковых гибридов на юго-западе Центрального Нечерноземья // Кормопроизводство. 2019. № 1. С. 12-16.
12. Бельченко С.А., Дронов А.В., Васькина Т.И. Особенности биологии, опыт возделывания и перспективы переработки сорго сахарного на юго-западе Центральной России // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 2 (46). С. 24-32.
13. Дронов А.В., Бельченко Д.С. Урожайность кормовой массы сорго сахарного (*Sorghum saccharatum* (L.) Pers) в зависимости от плотности посева на юго-западе Нечерноземья // Сахарная свекла. 2023. № 5. С. 28-31.
14. Васькина Т.И. Воздействие внешних экофакторов на особенности культуры сорго кормового (сахарного) в условиях Брянской области // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф., 7-8 декабря 2023 г. Ч. 1. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ. 2023. С. 186-191.
15. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М.: Госкомиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур, 1989. 197 с.
16. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1997. 156 с.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

Информация об авторах:

Т.И. Васькина – аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

А.В. Дронов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, dronov.bsgha@yandex.ru.

С.А. Бельченко - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства, ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет».

Information about the authors:

T.I. Vaskina - Postgraduate student of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University.

A.V. Dronov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agronomy, Breeding and Seed Production, Bryansk State Agrarian University, dronov.bsgha@yandex.ru.

S.A. Bel'chenko - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, 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 13.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 13.11.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Васькина Т.И., Дронов А.В., Бельченко С.А.

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE**

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

Научная статья
УДК 636.52/.58.087.7

**ПРИМЕНЕНИЕ ВКУСО-АРОМАТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОНАХ
ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ**

Ангелина Евгеньевна Рябичева
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты опыта по применению вкусо-ароматической добавки Сукрам-810 цыплятам-бройлерам на птицеводческом предприятии Брянской области. Вкусо-ароматическую добавку Сукрам применяют в кормлении птицы всех половозрастных групп ежедневно в составе комбикормов с целью повышения поедаемости корма. Из проведенных исследований видно, что в первые три дня поедаемость корма в обеих группах была одинаковой. Затем цыплята опытной группы стали потреблять корма больше, чем контрольной. Так продолжалось до конца выращивания. В течении первых трех дней у них сформировался условный рефлекс на усиленное выделение ферментов при попадании Сукрама в желудочно-кишечный тракт, благодаря этому повысился аппетит, а как следствие, прирост живой массы. Максимальная поедаемость корма благодаря введению сукрама наблюдалась в первые две недели выращивания бройлеров на 6,4 и 7,7% соответственно. В последующие три недели цыплята опытной группы потребляли корма больше, чем в контроле на 2-2,5%. Темпы прироста живой массы у цыплят-бройлеров опытной группы были выше на протяжении всего периода откорма. Важным результатом применения было увеличение однородности стада. В возрасте 7 дней этот показатель в опытной группе был выше на 4%, чем в контрольной. К концу периода выращивания разница составила 10%. Увеличение потребления корма в опытной группе повлекло за собой повышение его затрат на единицу прироста, так как использовался организмов цыплят на выращивание массы тела. Затраты корма снизились на 0,6%. Также на 0,32% снизилась стоимость корма, затраченного на 1 кг прироста живой массы. Рентабельность в опытной группе на 0,7% выше, чем в контрольной.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, вкусо-ароматическая добавка, нормы кормления, живая масса, среднесуточный прирост.

Для цитирования: Рябичева А.Е. Применение вкусо-ароматической добавки в рационах цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 34-38.

Original article

APPLICATION OF FLAVOR AND AROMA ADDITIVE IN BROILER CHICKEN DIETS

Angelina E. Ryabicheva
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article presents the experiment results in the application of the flavor and aroma additive Sukram-810 to broiler chickens at the poultry enterprise in the Bryansk region. The flavor and aroma additive Sukram is used in feeding poultry of all sex and age groups daily as part of compound feeds in order to increase the feed consumption. It can be seen from the conducted researches that in the first three days the feed consumption was the same in both groups. Then the chickens of the experimental group began to consume more feed than of the control group. This continued until the end of raising. During the first three days, they formed a conditioned reflex to the increased release of enzymes when Sucram entered the gastrointestinal tract due to this the appetite increased, and as a result, there was a gain in body weight. The maximum feed consumption due to the introduction of Sucram was observed in the first two weeks of broiler raising by 6.4 and 7.7%, respectively. In the next three weeks, the chickens of the experimental group consumed more feed than in the control by 2-2.5%. The rates of live weight gain in broiler chickens of the experimental group were higher throughout the entire fattening period. An important result of the application was an increase in the uniformity of the flock. At the age of 7 days this indicator in the experimental group was 4% higher than in the control group. By the end of the raising period, the difference was 10%. An increase in feed consumption in the experimental group led to an increase in its costs per unit of the gain, since chicken organisms were used to grow body weight. The feed costs decreased by 0.6%. The cost of feed spent on 1 kg of live weight gain also decreased by 0.32%. Profitability in the experimental group is 0.7% higher than in the control group.

Keywords: broiler chickens, flavor and aroma additive, feeding norms, live weight, average daily gain.

For citation: A.E. Ryabicheva. Application of flavor and aroma additive in broiler chicken diets. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 34-38 (In Russ.).

Введение. В настоящее время птицеводство в агропромышленном комплексе страны занимает ведущее положение, так как является одной из самых активно развивающихся отраслей аграрного сектора экономики.

Цындрина Ю. считает, что «в последнее время наблюдается как увеличение внутреннего производства, так и рост экспорта. В 2019 году было получено 5 млн. т мяса птицы, а в 2022 г. этот показатель увеличился до 5,3 млн. т. Это самый большой объем за всю историю отечественного птицеводства. Увеличилось потребление мяса птицы и в прошлом году оно составило более 35 кг на душу населения. На первом месте среди регионов по производству мяса птицы занимает Белгородская об-

ласть - 574,8 тыс. т, далее Ставропольский край - 296,4, Пензенская область - 268,5, Тамбовская область - 262 и Брянская область - 241,3 тыс. т.»[10].

Шхалахов Д.С. считает, что «лидирующее положение обеспечивается снабжением полноценными по своему составу, богатыми легкопереваримыми белками, липидами и полиненасыщенными жирными кислотами продуктами питания, в которых нуждается население страны»[12,13].

Бройлеры выведены для быстрого роста и получения большого количества мяса птицы.

Целью кормления в первые дни является формирование хорошего аппетита и достижение максимальных темпов роста на ранней стадии выращивания. Причиной низкой живой массы в 7 дней и плохой однородности стада является недостаточное потребление корма, поэтому важно заставить цыпленка есть как можно раньше и как можно больше для роста внутренних органов.

По мере роста птицы меняется потребность в питательных веществах. Бройлерам на разных фазах откорма требуются разные корма. Чем больше количество фаз кормления, тем точнее можно удовлетворить потребности птицы. Нельзя забывать о том, что смена состава корма влияет на микрофлору кишечника и может вызвать расстройство пищеварения. Изменение запаха корма также может привести к снижению его потребления. Поэтому во избежание стресса желудочно – кишечного тракта и нарушений пищеварения смена фаз кормления должна быть плавной.

Подобрать сбалансированное питание для кур бройлеров самостоятельно трудно. Скорость роста и привеса будут меньше, поэтому это экономически не слишком выгодно.

В своих исследованиях Зубкова Ю.С. утверждает, что «в разных странах мира учеными для реализации задач повышения потребления корма были разработаны и разрабатываются в настоящее время различные химические соединения и природные ароматические и вкусовые субстанции для животных разных видов, возрастов и стадий репродуктивного цикла. Одни из них изучены достаточно неплохо, установлена эффективность их применения, другие пока находятся на стадии разработки и испытаний. При применении ароматизаторов животным в рацион можно ввести не только менее вкусные компоненты, но и лекарственные вещества и бактерицидные композиции и таким образом обеспечить эффективное лечение ослабленных животных. Использование ароматизаторов рекомендуется при смене одного корма на другой, менее ароматный, но более питательный. Использование вкусо-ароматических субстанций может создавать у животного ощущение физиологического комфорта, кормового благополучия и послеглотательного удовлетворения, что положительно отразится на его здоровье и продуктивности» [1,2].

Вкусо-ароматическая добавка «Сукрам» представляет собой комплексную добавку, состоящую из вкусового и ароматического компонента, которые совместимы между собой и подобраны в оптимальном соотношении. В качестве вкусовой составляющей используется стандартный подсластитель, интенсивность сладкого вкуса которого выше, чем у сахара в 500-600 раз. Ароматизатором добавки служит специфическое вещество неогесперидин дигидрохалькон. В составе «Сукрама» 99% подсластителя и 1% ароматизатора. Благодаря установленному синергическому взаимодействию этих двух компонентов в указанных соотношениях «Сукрам» обеспечивает аромат корма, в который он введён, изменение вкуса комбикорма на сладкий и стимулирует сохранение приятного вкуса в ротовой полости животного весь период приема корма и после него, что стимулирует прием новой его порции.

Сукрам применяют в кормлении птицы всех половозрастных групп ежедневно в составе комбикормов с целью повышения поедаемости корма. Особо рекомендуется вводить добавку в состав корма в течение 4-5 дней до и после смены рациона, при изменении питательности кормов, переводе птиц в другие производственные помещения, а также при любых стрессовых ситуациях - вакцинациях, дебикировании и др.

Препарат вводят в корм на комбикормовых заводах или кормоцехах хозяйств, используя существующие технологии. Мясо и яйцо птицы, полученное с применением Сукрама в составе рациона, используется без ограничений.

Богатый опыт применения Сукрама накоплен при выращивании цыплят-бройлеров. Известно, что частое отставание мясных цыплят в росте на первых этапах выращивания происходит из-за несоответствия фактического потребления корма нормативным данным. Часто это несоответствие становится результатом большого количества остатков мелкого корма в кормушках после окончания кормления птицы. В результате фракционирования потребленного рациона фактическое поступление питательных веществ в организм не соответствует расчетному.

Сукрам следует вводить в рацион и при выращивании цыплят яйценоских кроссов. В этом случае удастся обеспечить нормальный график роста птицы и, главное, получить выровненное поголовье к концу периода выращивания - к началу яйцекладки. Кроме того, в ходе выращивания молодняка яйценоской птицы производится неоднократная ее вакцинация, периодически выполняется санация горькими и плохопахнущими препаратами.

Существенное повышение эффективности выращивания можно достичь при дебикировании птицы, но этой операции многие производственники боятся. Стресс, возникающий при обрезании клюва и болезненное состояние после операции, часто сводят эффект дебикирования на нет.

Исследования показывают, что компенсировать негативные последствия болевого стресса у молодняка яйценоской птицы можно при помощи введения Сукрама после обрезания клюва.

В исследованиях многих ученых установлено, что включение в корм сильного вкусо-ароматического раздражителя – «Сукрам», существенно изменило характер потребления корма, а затем закономерно повлияло и на энергию роста птицы [3-8, 9,11].

Целью исследований явилось изучение влияния вкусо-ароматической добавки «Сукрам-810» в рационах цыплят-бройлеров кросса «Росс-308».

Материалы и методы. Исследования проводили на АО «Куриное Царство» Брянский филиал. Объектом исследования стали цыплята-бройлеры кросса «Росс-308» содержащиеся в двух одинаковых птичниках. Из общего поголовья птичника в суточном возрасте для опыта по методу групп-аналогов, были сформированы 2 группы (контрольная и опытная) по 50 голов (25 петушков и 25 голов курочек) в каждой. Методом крылометок каждому цыпленку присвоили индивидуальный номер которые были определены как контрольная и опытная группа. Первая группа являлась контрольной, а вторая опытная, которой в основной рацион вводили вкусо-ароматическую добавку «Сукрам-810». Птицу кормили полноценными комбикормами в 3 периода в зависимости от возраста и живой массы: I период – с 1 по 15 день; II период – с 16 по 24 день; III период – с 25 по 42 день. В первый период использовали комбикорм рецепта ПК – 5 – 1 (Старт), во второй – ПК – 5 – 2 (Рост) и в третий – ПК – 6 – 2 (Финиш – 2).

Птица 1-ой (контрольной) группы получала только основной рацион, сбалансированный по всем основным питательным веществам.

Цыплятам-бройлерам 2-ой (опытной) группы вводили в основной рацион вкусо-ароматическую добавку «Сукрам-810». Применяли добавку согласно инструкции в дозе 100 г на 1 тонну комбикорма во все фазы кормления птицы.

Птица имела свободный доступ к корму и чистой воде. Раздача кормов, воды были автоматизированы по заданной программе.

В период выращивания бройлеров были учтены следующие основные зоотехнические показатели: живая масса птицы, сохранность, потребление корма в расчете на одну голову путём взвешивания задаваемого полнорационного комбикорма, европейский коэффициент эффективности выращивания цыплят-бройлеров (ЕКЭ).

В конце опыта, с учетом всех видов затрат на произведенную продукцию проведен расчет экономической эффективности выращивания цыплят-бройлеров.

Результаты и их обсуждение. Для того чтобы птица потребляла больше корма, прибегают к различным технологическим приемам, а также к использованию различных добавок.

Преимуществом ароматических вкусовых добавок является то, что они не оказывают четкого избирательного действия на определенные компоненты корма, а «охватывают» его весь. Расход потребления корма контрольной и опытной группой представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Расход потребления корма контрольной и опытной группы

Возраст цыплят, дни	Потреблено корма, г		Разница с контролем, %
	в контрольной группе	в опытной группе	
0	8	8	0
1	9	9	0
2	13	13	0
3	15	17	+13,3
4	23	25	+8,7
5	28	30	+7,1
6	36	38	+5,6
7	38	42	+10,5
1-7	23,5	25	+6,4
8-14	50,8	54,7	+7,7
15-21	87	89	+2,3
22-28	119	122	+2,5
29-35	147	150	+2,0
36-38	160	163	+1,8
Итого	3817	3918	+2,6

Как видно из таблицы, первые три дня поедаемость корма в обеих группах была одинаковая. Затем цыплята опытной группы стали потреблять корма больше, чем контрольной. Так продолжалось

до конца выращивания. В течении первых трех дней у них сформировался условный рефлекс на усиленное выделение ферментов при попадании Сукрам в желудочно-кишечный тракт, благодаря этому повысился аппетит, а как следствие, прирост живой массы.

Максимальная поедаемость корма благодаря введению Сукрам наблюдалась в первые две недели выращивания бройлеров на 6,4 и 7,7% соответственно. В последующие три недели цыплята опытной группы потребляли корма больше, чем в контроле на 2-2,5%. Темпы прироста живой массы у них были выше на протяжении всего периода откорма.

Важным результатом применения Сукрам было выравнивание группы по живой массе, то есть увеличение однородности стада. В семидневном возрасте показатель однородности стада в опытной группе был выше, чем в контроле на 1,95%. К концу выращивания разница составила 2,58%. Данные об изменении живой массы цыплят-бройлеров за весь период выращивания представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные об изменении живой массы цыплят-бройлеров за период выращивания

Показатели	Группа		Разница опытной к контрольной, %
	контрольная	опытная	
Живая масса цыплят, г: суточные	40,1±0,43	40,1±0,41	-
7 дней	184,5±2,64	188,1±2,52	1,95
14 дней	465,8±7,3*	488,3±6,7*	4,83
21 день	920,0±13,8	944,2±14,2	2,63
28 дней	1492,6±19,4*	1546,1±18,2*	3,58
38 дней	2396,2±35,9	2458,1±36,8	2,58
Абсолютный прирост живой массы, г за весь период откорма	2356,2±35,3	2418,1±36,3	2,63
Среднесуточный прирост	62,00±0,93	63,63±0,95	2,63
Затраты корма на 1 кг прироста живой массы	1,76	1,75	-0,57
Стоимость корма на 1 кг прироста	56,32	56,00	0,57

Примечание: *P < 0,05

Увеличение потребления корма в опытной группе повлекло за собой повышение его общих затрат, но за счет более интенсивного роста цыплят-бройлеров в опытной группе затраты корма на единицу прироста живой массы снизились на 0,61%. При этом отмечается снижение стоимости корма затраченного на 1 кг прироста живой массы на 0,32%.

Показатели экономической эффективности применения «Сукрам-810» отражены в таблице 3.

Таблица 3 - Экономическая эффективность применения «Сукрам-810»

Показатели	Контрольная группа	Опытная группа
Дополнительный прирост на группу, кг	113,1	116,1
Расход корма, кг	198,9	203,1
Затраты корма на 1 кг привеса	1,76	1,75
Стоимость 1 кг корма, руб.	32	32
Стоимость корма, руб.	6364,8	6499,1
Расход добавки, кг	-	0,02
Стоимость добавки, руб.	-	0,15
Затраты на производство, руб.	10473,1	10681,2
Себестоимость 1 кг прироста	92,6	92,0
Цена реализации, руб.	104	104
Выручка, руб.	11762,4	12074,4
Прибыль, руб.	1289,3	1393,2
Рентабельность, %	12,3	13,0

Анализируя экономическую эффективность введение в рацион вкусо-ароматической добавки «Сукрам-810» можно сказать, что все расчетные показатели значительно лучше в опытной группе.

Прибыль составила 1393,2 рубля, что на 103,9 рубля больше контрольной группы. Рентабельность в опытной группе на 0,7 п.п. выше, чем в контрольной.

Заключение. Введение в состав комбикорма цыплят-бройлеров вкусо-ароматической добавки «Сукрам-810» привело к увеличению живой массы цыплят-бройлеров на 2,58%, снижению затрат корма на получение прироста живой массы на 0,61%, при снижении стоимостных затрат корма на 0,32%. Прибыль производства продукции при применении вкусо-ароматической добавки «Сукрам-810» составила 1393,2 рубля, что на 103,9 рубля больше контрольной группы, при этом рентабельность в опытной группе была на 0,7 п.п. выше, чем в контрольной.

Список источников

1. Бабушкин В.А., Зубкова Ю.С., Линник В.С. Оптимизация ритма использования ароматической добавки "Карамель-ваниль" на откорме свиней // Вестник Мичуринского ГАУ. 2021. № 2 (65). С. 66-70.
2. Бабушкин В.А., Зубкова Ю.С., Линник В.С. Влияние ароматизаторов и их доз на потребление корма свиньями на откорме // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 2. С. 164-167.
3. Влияние биологически активных препаратов на мясную продуктивность цыплят-бройлеров / В.А. Злепкин, В.В. Саломатин, А.А. Ряднов и др. // Зоотехния. 2022. № 6. С. 26-28.
4. Кормовая добавка на основе гуматов для повышения мясных качеств сельскохозяйственной птицы / В.Е. Подольников и др. // Зоотехния. 2021. № 4. С. 8-12.
5. Кузьмина Н.Н., Петров О.Ю. Мясные качества бройлеров кросса Кобб-500, выращенных с применением антиоксиданта дигидрокверцетина // Зоотехния. 2021. № 3. С. 26-29.
6. Лаушкина Н.Н., Рябченко С.М. Оценка качества продуктов убоя цыплят-бройлеров кросса Росс-308, выращенных при безотходной технологии // Вестник аграрной науки. 2023. № 5 (104). С. 67-72.
7. Менякина А.Г., Гамко Л.Н., Строченова А.И. Показатели эффективности использования подкислителя при выращивании цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 52-56.
8. Подольников В.Е., Гамко Л.Н., Подольников М.В. Повышение мясных качеств цыплят-бройлеров под воздействием оздоровительной добавки кормовой (ОДК) «Гумэл Люкс» // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 4 (98). С. 29-34.
9. Стрельцов В.А., Фищук А.П. Влияние пробиотической кормовой добавки на продуктивность цыплят-бройлеров // Вестник Брянской ГСХА. 2021. № 4 (86). С. 52-59.
10. Цындрина Ю. Развитие птицеводства: рост спроса и импортзамещение // Животноводство России. 2024. № 1. С.12-14.
11. Червонова И.В. Влияние кормовых добавок на мясные качества тушек цыплят-бройлеров кросса "Росс-308" // Вестник аграрной науки. 2022. № 4 (97). С. 57-62
12. Шхалахов Д.С. Разработка пробиотической кормовой добавки Трилактокор АБ // Труды Кубанского ГАУ. 2021. № 90. С. 130-136.
13. Шхалахов Д.С. Эффективность применения пробиотической кормовой добавки Трилактокор АБ при выращивании перепелов // Труды Кубанского ГАУ. 2021. № 93. С. 298-304.
14. Шхалахов Д.С., Коцаева О.В. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров при применении пробиотической кормовой добавки "Трилактокор АБ" // Труды Кубанского ГАУ. 2022. № 94. С. 282-288.

Информация об авторе:

А.Е. Рябичева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, angelina_ryabicheva@mail.ru

Information about the author:

A.E. Ryabicheva - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the department of Animal Feeding, Private Animal Science and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, angelina_ryabicheva@mail.ru

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

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

Статья поступила в редакцию 19.01.2024; одобрена после рецензирования 26.01.2024, принята к публикации 31.01.2024 .

The article was submitted 19.01.2024; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 31.01.2024.

© Рябичева А.Е.

Научная статья
УДК 619:636.22/28.087.7:612.13

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ «БАСУЛИФОР» В КОРМЛЕНИИ ТЕЛОК ДО ШЕСТИМЕСЯЧНОГО ВОЗРАСТА

**Дарья Руслановна Вафина, Леонид Никифорович Гамко, Анна Георгиевна Менякина,
 ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия**

Аннотация. В статье авторы представили экспериментальные данные, о результатах применения пробиотической добавки «Басулифор» в составе рационов телок в возрасте до шести месяцев в зимний и летний периоды и ее влияние на их рост и морфобиохимические показатели сыворотки крови. Установлено положительное влияние испытуемой пробиотической добавки «Басулифор» на продуктивность телочек до шестимесячного возраста и морфобиохимический состав сыворотки крови у подопытных животных. В результате исследования отмечено, что среднесуточный прирост, как основной показатель уровня продуктивности молодняка крупного рогатого скота на данном этапе развития, в зимний период (I опыт) после введения в рацион пробиотической добавки «Басулифор» в дозах 0,4 мл для второй опытной группы и 0,5 мл для третьей опытной группы пробиотической добавки на 1 л молока в сутки были больше на 15% и 21,6% аналогичного у контрольных сверстниц соответственно. Показатели среднесуточного прироста в летний период (II опыт) после введения в рацион пробиотической добавки «Басулифор» в дозах 0,3 мл для второй опытной группы и 0,4 мл на 1 л молока в сутки для третьей опытной группы превосходили таковой показатель у контрольных аналогов на 9,7 и 14,9% соответственно. Анализ результатов морфобиохимических показателей сыворотки крови указывает на достоверное увеличение уровня глюкозы и фосфора в ней у телочек, получавших пробиотическую добавку в дозе 0,4 мл на 1 л молока в зимний период. В тот же период потребления добавки у телочек, получавших ее в дозе 0,5 мл на 1 л молока зафиксировано достоверно больший уровень гемоглобина в крови. Также авторами установлено достоверное повышение содержания общего белка в сыворотке крови телочек, получавших пробиотическую добавку в летний период в дозе 0,3 мл на 1 л молока.

Ключевые слова: среднесуточный прирост, обменная энергия, пробиотическая добавка, показатели крови, телочки.

Для цитирования: 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.

Original article

THE EXPERIENCE OF USING THE PROBIOTIC ADDITIVE "BASULIFOR" IN FEEDING HEIFERS UP TO SIX MONTHS OF AGE

Dar'ya R. Vafina, Leonid N. Gamko, Anna G. Menyakina
 Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. In the article the authors presented experimental data on the results of applying probiotic additive "Basulifor" in the diets of heifers under the six months of age in winter and summer periods and its effect on their growth and morphobiochemical parameters of blood serum. The positive effect of the tested probiotic additive "Basulifor" on the productivity of heifers up to six months of age and the morphobiochemical composition of blood serum in experimental animals was established. As a result of the research, it was noted that the average daily gain, as the main indicator of the productivity level of young cattle at this stage of development in winter (I experiment) after the introduction of the probiotic additive "Basulifor" in doses of 0.4 ml for the second experimental group and 0.5 ml for the third experimental group of probiotic additive per 1 liter of milk per day were by 15% and 21.6% higher than those of the control coevals, respectively. The indicators of the average daily gain in the summer period (II experiment) after the introduction of the probiotic additive "Basulifor" into the diet in doses of 0.3 ml for the second experimental group and 0.4 ml per 1 liter of milk per day for the third experimental group exceeded that of the control samples by 9.7 and 14.9%, respectively. Analysis of the results of morphobiochemical parameters of blood serum indicates a significant increase in its level of glucose and phosphorus in heifers that received a probiotic supplement at a dose of 0.4 ml per 1 liter of milk in winter. During the same period of additive consumption the heifers that received it at a dose of 0.5 ml per 1 liter of milk were recorded to have a significantly higher level of hemoglobin in the blood. The authors also determined a reliable increase in total protein content in the blood serum of heifers who received a probiotic additive in summer in a dose of 0.3 ml per 1 liter of milk.

Keywords: average daily gain, metabolic energy, probiotic additive, blood parameters, heifers.

For citation: D.R. Vafina, L.N. Gamko, A.G. Menyakina. the Experience of using the probiotic additive "Basulifor" in feeding heifers up to six months of age. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 39-44 (In Russ.)

Введение. В условиях современного мира главной задачей перед животноводством стоит создания оптимальных условий содержания и кормления животных, в частности молодняка животных, с целью получения высококлассной продукции.

В отрасли животноводства перспективным является использование пробиотических добавок, способствующих нормализации микробиоценоза организма животных, а также их устойчивости к патогенной микрофлоре, что влияет в итоге на повышение мясной продуктивности [1,2,3,4].

Важно отметить, что использование пробиотиков в один из самых ответственных моментов развития молочных телят, когда уровень синтеза ферментов, участвующих в пищеварении недоста-

точен, позволяет лучше адаптироваться организму телят, как в молочный, так и последующий за ним переходный в плане кормового стола период выращивания.

Установлено, что основное место в структуре заболеваемости новорожденных телят занимают заболевания связанные с нарушением функции пищеварения. Данные нарушения проявляются диареей, сопровождающейся такими симптомами, как общее угнетение, потеря аппетита, что зачастую приводит к обезвоживанию, и как следствие, интоксикации организмы и снижению активности иммунной системы [5-10].

Частое, и, не всегда, рациональное использование антибиотиков приводит к созданию устойчивой патогенной микрофлоры и частым дисбактериозам, что отражается на интенсивности роста, дальнейшей продуктивности и требует поиска новых схем лечения и профилактики заболеваний [11-14].

Как отмечает Ковалева О.В. с соавторами: «...дисбалансы рациона, некачественный сенаж, микотоксины корма, низкое содержание клетчатки в рационе приводят к подавлению процессов переваривания в рубце, грамотрицательные бактерии гибнут и образуются экзо- и эндотоксины. Исследования подтверждают, что использование пробиотиков в животноводстве может улучшить функцию эпителия кишечника, повышая сопротивляемость инфекциям, за счет чего сокращают или исключают вероятность использования антибиотиков» [15].

Еще одним фактором, послужившим поиску альтернативных схем лечения, стал активный поиск замены антибиотиков, не только заменяющих по их биологическому эффекту, но и биобезопасными препаратами. Такими препаратами стали пробиотические добавки [16].

Известно, что чем лучше развита пищеварительная система у молодняка, тем лучше он употребляет и переваривает корма. Огромное значение в этом играет процесс заселения рубца бактериями.

На практике доказана эффективность применения пробиотических препаратов в профилактике, в первую очередь, желудочно-кишечных заболеваний за счет достижения оптимальной для определённого вида животных и птицы микробиома. Как следствие, пробиотические препараты способствуют активации иммунной системы, раскрывают более широко генетический потенциал продуктивности при том, позволяют получить высокие показатели выхода продукции с меньшими затратами кормов на ее синтез [17].

Как известно, отражением физиологического состояния любого организма для исследователя является кровь и ее сыворотка, регистрируемые показатели которой в динамике позволяют нам судить о тонких изменениях в обмене веществ, происходящих вследствие применения той или иной кормовой добавки в составе рациона.

Большое значение приобретает изучение биохимических показателей крови, как фактора, отражающего особенность функционирования организма в новых условиях кормления и содержания животных, подверженных многим стрессам, потому их изучение и анализ важен для контроля полноценности и корректировки рационов с целью их оптимизации по широкому комплексу показателей.

Поэтому целью наших исследований явилось изучить влияние пробиотика «Басулифор» на продуктивность и морфо-биохимические показатели сыворотки крови у телочек до шестимесячного возраста.

Материалы и методы. Объектом исследования явились телочки до шести месячного возраста чёрно-пестрой породы. Для проведения двух научно-хозяйственных опытов было выбрано сельхозпредприятие ООО «Агрофирма Культура» в Брянской области. Используя метод пар-аналогов нами было сгруппировано по 10 голов клинически здоровых телочек в каждую из трех групп, где первая интактная группа животных являлась контрольной, а две, определенные нами как опытные, получали с основным рационом (ОР) пробиотическую добавку в разных дозах. Среднесуточные приросты подопытных животных рассчитывали по результатам контрольных взвешиваний по периодам выращивания вплоть до 6-ти месячного возраста [17]. Схемы научно-хозяйственных опытов представлены в таблицах 1,2.

Таблица 1 - Схема первого опыта в зимний период

Группа	Условия кормления в опыте
I- контрольная (n = 10)	ОР + сборное молоко
II- опытная (n = 10)	ОР + 0,4 мл «Басулифор» / 1л сборного молока/ гол./сутки
III – опытная (n = 10)	ОР+ + 0,5 мл «Басулифор» / 1л сборного молока/ гол./сутки

Таблица 2 – Схема второго опыта в летний период

Группы	Условия кормления в опыте
I- контрольная (n = 10)	ОР + сборное молоко
II- опытная (n = 10)	ОР + 0,3 мл «Басулифор» / 1 л сборного молока/ гол./сутки
III – опытная (n = 10)	ОР+ 0,4 мл «Басулифор» / 1 л сборного молока/ гол./сутки

Не нарушая принятую в хозяйстве схему выпойки молока (табл. 3), как в зимний, так и летний периоды выращивания пробиотическую добавку «Басулифор» выпаивали со сборным молоком

Таблица 3 - Схема выпойки телочек, литров в сутки

Возраст	Дней в периоде	Молоко, л	Итого за период, л
		Телочки	
При рождении	1	5	5
До 3 дней	2	5	10
4-7 дней	4	5	20
2 недели	7	6	42
3 недели	7	6	42
4 недели	7	6	42
5 недель	7	6	42
6 недель	7	6	42
7 недель	7	5	35
8 недель	7	4	28
9 недель	7	-	-
Итого:	56 дней	-	308

В первом и втором опытах за период исследования было выпоено 308 л молока на 1 голову.

В отличие от контрольной группы, которая не получала с молоком пробиотическую добавку «Басулифор», телочки двух опытных групп получали ее путем выпойки в заявленных дозах. В соответствие с общепринятыми нормами кормления для телочек был сбалансирован основной рацион. В период проведения первого опыта условиях хозяйства в состав кормосмеси в зимний период включали: сено луговое, сенаж, силос кукурузный, зерновая кормосмесь, жмых подсолнечный, БВМК марки - 63-6633 [17].

В соответствие со схемой второго опыта в летний период, представленной в таблице 2, телочкам второй опытной группы скармливали основной рацион и выпаивали сборное молоко с добавлением пробиотической добавки «Басулифор» на одну голову в сутки в количестве 0,3 мл на 1 литр молока, а третьей опытной группы скармливали основной рацион и выпаивали сборное молоко с добавлением пробиотической добавки «Басулифор» на одну голову в сутки в количестве 0,4 мл на 1 литр молока. В летний период в состав кормосмеси включали: солому пшеничную, сенаж, силос кукурузный, зерновую кормосмесь, зеленую массу люцерны, шрот подсолнечный и БВМК марки -63-6633.

Результаты и их обсуждение. Первоначально нами был проведен детальный анализ рациона, скармливаемого в хозяйстве, как в зимний, так и летний периоды проведения научно-хозяйственных опытов и рассчитано содержание основных питательных веществ, уровень и концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества. Так, в первом опыте (зимний период), установлено содержание обменной энергии составило 7,91 МДж при уровне переваримого протеина – 69,9 г, во втором опыте (летний период) аналогичные показатели составили – 3,4 МДж и 41,7 г соответственно [17].

По нашим расчётам концентрация в 1 кг сухого вещества рациона в зимний период составила 10,7 МДж обменной энергии, 101 г переваримого протеина, 5,04 г лизина, 5,04 г метионина+ цистина, 4,80 г кальция и 3,73 г фосфора, что соответствует установленным нормам потребности и рассчитано на получение среднесуточного прироста живой массы в диапазоне 600 – 650 г.

Подобные расчёты концентрации в 1 кг сухого вещества рациона в летний период составили 8,1 МДж обменной энергии, 84,0 г переваримого протеина, 4,60 г лизина, 3,80 г метионина+ цистина, 5,60 г кальция и 2,70 г фосфора, что соответствует установленным нормам потребности и рассчитано на получение среднесуточного прироста живой массы в диапазоне 650 – 700 г.

На всем протяжении проведения исследований нами проводился учет потребленной кормосмеси, что позволило рассчитать, как конверсию корма, так и затраты обменной энергии на 1 кг прироста. Изменения среднесуточных приростов телочек контрольной и двух опытных группы представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Изменение среднесуточных приростов телочек до 6 месячного возраста в зимний период

Показатель	Группа		
	I - контрольная	II - опытная	III - опытная
Живая масса в начале опыта, кг	48,10 ± 2,12	48,80 ± 1,70	48,10 ± 1,90
Живая масса в конце периода, кг	98,70 ± 2,90	107,30 ± 2,40	109,30 ± 2,90
Абсолютный прирост живой массы, кг	50,6	58,5	61,2
Среднесуточный прирост, г	633,0	730,0	770,0
Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста, МДж	8,93	7,74	7,34
Затраты обменной энергии на 1 кг прироста, МДж	89,3	77,4	73,4

Анализ полученных результатов контрольных взвешиваний подопытных животных, свидетельствует о положительном влиянии на ассимиляционные процессы в организме телочек, получавших пробиотическую добавку, что подтверждается рассчитанными среднесуточными приростами. Так, телочки, получавшие пробиотик «Басулифор» из расчета 0,4 мл на 1 л молока в сутки, превосходили своих контрольных сверстниц по уровню среднесуточного прироста на 15,20 %. Животные третьей опытной группы, которым выпаивали пробиотик «Басулифор» в дозе 0,5 мл на 1 л молока в сутки, отличались от контрольного показателя уже на 21,60%. Важно отметить, что затраты энергетических кормовых единиц в расчете на 1 кг прироста живой массы телочек во второй и третьей опытных группах были меньше на 12,10% и 17,80% соответственно.

Таблица 5 - Изменение среднесуточных приростов телочек до шестимесячного возраста в летний период

Показатель	Группа		
	I - контрольная	II - опытная	III - опытная
Живая масса в начале опыта, кг	43,30 ± 2,01	43,10 ± 1,90	43,00 ± 2,02
Живая масса в конце периода, кг	96,20 ± 1,93	101,10 ± 1,80	103,80 ± 3,70
Абсолютный прирост живой массы, кг	52,9	58,0	60,8
Среднесуточный прирост, г	661,0	725,0	760,0
Затраты энергетических кормовых единиц на 1 кг прироста, МДж	91,40	83,60	79,80
Затраты обменной энергии на 1 кг прироста, МДж	9,14	8,36	7,98

Анализ продуктивности подопытных животных также проведен по завершению учетного периода опта и в летний период (табл. 5), который констатировал факт преимущества в интенсивности роста животных, получавших пробиотическую добавку в разных дозировках. Так, телочки, получавшие пробиотик «Басулифор» из расчета 0,3 мл на 1 л молока в сутки, превосходили своих контрольных сверстниц по уровню среднесуточного прироста на 9,70 %. Животные третьей опытной группы, которым выпаивали пробиотик «Басулифор» в дозе 0,4 мл на 1 л молока в сутки, отличались от контрольного показателя в большей степени – на 14,90%. И в летний период зафиксирована та же тенденция, что в первом опыте – снижение энергетических затрат на прирост 1 кг живой массы: у телочек второй опытной группы – на 8,60 %, третьей опытной группы – на 12,70 % обменной энергии рациона.

В конце учетных периодов научно-хозяйственных опытов у подопытных телочек всех трех групп (от трех голов в каждой) произвели забор крови из яремной вены для проведения ее анализа по ряду гематологических и биохимических показателей.

Таблица 6 – Некоторые гематологические и биохимические показатели крови и ее сыворотки подопытных телочек в первом и втором опытах

Показатель	Группа					
	Зимний период			Летний период		
	I – контрольная	II – опытная	III – опытная	I – контрольная	II – опытная	III – опытная
Эритроциты, $10^{12}/л$	8,7 ± 0,28	10,1 ± 1,8	10,2 ± 1,1	8,5 ± 1,9	10,4 ± 0,98	9,1 ± 0,2
Гематокрит, %	26,2 ± 1,7	30,5 ± 6,07	32,2 ± 4,22	32,5 ± 4,1	35,4 ± 3,2	33,1 ± 1,8
Гемоглобин, г/л	104,3 ± 4,06	106,0 ± 13,24	111,6 ± 1,29*	96,0 ± 12,9	104,6 ± 8,4	101,6 ± 4,5
Лейкоциты, $10^9/л$	12,9 ± 3,6	9,98 ± 1,3	10,54 ± 0,81	15,1 ± 2,4	11,1 ± 1,5	19,8 ± 4,6
Альбумин, %	56,8 ± 1,36	51,5 ± 0,72	57,4 ± 3,3	20,7 ± 1,9	28,0 ± 1,0*	32,0 ± 1,0***
Белок общий, г/л	61,10 ± 2,2	61,10 ± 1,5	68,03 ± 2,0	52,70 ± 0,94	68,60 ± 5,3*	67,60 ± 5,6
Глюкоза, ммоль/л	3,92 ± 0,2	6,04 ± 0,11***	4,43 ± 0,2	4,7 ± 0,9	3,9 ± 0,35	3,97 ± 0,4
Кальций, ммоль/л	3,07 ± 0,17	2,90 ± 0,09	2,90 ± 0,09	2,30 ± 0,2	2,50 ± 0,14	2,80 ± 0,3
Фосфор, ммоль/л	2,52 ± 0,16	3,83 ± 0,33***	3,05 ± 0,3	2,84 ± 0,35	2,70 ± 0,23	3,34 ± 0,17

Примечание: *P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001

Анализируя полученные результаты можно отметить, что содержание альбуминовой фракции белка крови у телочек из третьей опытной группы, получавшей зимний период 0,5 мл на 1 л молока в сутки пробиотическую добавку, стало достоверно больше в сравнении с контрольным значением на 5,90 %, что указывает о сдвигах в белковом обмене веществ у животных. Эти изменения более очевидны в сыворотке крови телочек, получавших в добавку в летний период (в дозировке 0,4 мл на 1 литр молока) так как содержание альбумина было достоверно выше на 11,3%. Нами отмечена тенденция увеличения содержания общего белка крови у животных, получавших пробиотическую добавку независимо от ее дозы и сезона года.

При выпойке пробиотика «Басулифор» в зимний период у телочек второй опытной группы зафиксировано достоверное увеличение уровня глюкозы в крови, что свидетельствует об сдвигах углеводного обмена в организме животных.

Показатели кальция и фосфора в двух опытах в группах, которые в дополнение к основному рациону получали 0,4 мл пробиотической добавки «Басулифор» различались на 0,1 и 0,49 соответственно и составляли в зимний период $2,9 \pm 0,09$ моль/л кальция и $3,83 \pm 0,33$ моль/л фосфора, а в летний период $2,8 \pm 0,3$ моль/л и $3,34 \pm 0,17$ моль/л. Значительное увеличение содержания неорганического фосфора у тех же животных указывает на изменение в минеральном обмене.

Содержание гемоглобина в крови телочек, получавших добавку в зимний период (в дозировке 0,5 мл на 1 литр молока) было достоверно больше контрольных сверстниц на 7,0%. Количество эритроцитов двух опытах по всем группам не выходило за пределы референсных значений.

Выводы. Анализ данных по скармливанию пробиотика «Басулифор» телочкам до шестимесячного возраста в дозе 0,4 и 0,5 мл на 1 литр молока в зимний период и 0,3 и 0,4 мл на 1 литр молока в летний периоды способствовало увеличению среднесуточных приростов соответственно на 15% и 21,6% - 9,7% и 14,9% по отношению к контрольной группе.

Результаты морфобиохимического анализа крови телочек показывают, что введение пробиотической добавки «Басулифор» телочкам до шестимесячного возраста в количестве 0,4 мл способствует увеличению общего белка во второй опытной группе в летний период на 30,2%, а выпаивание 0,5 мл пробиотической добавки «Басулифор» на 1 литр молока на 28,3% по отношению к контрольной группе.

Количество кальция в сыворотке крови телочек в летний период, получавших пробиотическую добавку «Басулифор» в дозе 0,4 мл на 1 литр молока было больше на 8,7%, а в третьей группе, которой скармливали пробиотическую добавку «Басулифор» в количестве 0,5 мл на 1 литр молока количество кальция было больше на 21,7%, а количество фосфора в этой группе было больше на 17,6% в сравнении с первой группой.

Показатель гемоглобина во второй опытной группе в летний период, которой выпаивали 0,4 мл пробиотической добавки «Басулифор» на 1 литр молока был больше на 9%, а в третьей группе, которой выпаивали 0,5 мл на 1 литр молока пробиотической добавки «Басулифор» показатель гемоглобина был больше лишь на 5,80% по отношению к контрольному значению.

Список источников

1. Михейчикова О.В., Гамко Л.Н., Лемеш Е.А. Пробиотик "Басулифор-С" в кормлении телят в молочный период // Аграрная наука. 2019. № 11-12. С. 21-24.
2. Мошкина С.В., Химичева С.Н., Абрамова Н.В. Повышение продуктивных качеств телят при выращивании с использованием пробиотика // Вестник аграрной науки. 2022. № 4 (97). С. 47-51.
3. Курчаева Е.Е., Востроилов А.В., Артемов Е.С. Использование кормовой пробиотической добавки Ветоспорин-Актив и продуктов переработки топинамбура для откорма молодняка кроликов // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2019. № 1. С. 96-104.
4. Применение пробиотических препаратов в рациональном кормлении животных в промышленных условиях / А.А. Дерканосова, Е.Е. Курчаева, А.В. Востроилов и др. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 1 (91). С. 149-156.
5. Смольяников В.А. Пробиотический штамм *Bacillus megaterium* в борьбе с антибиотикорезистентностью // Новая экономика, бизнес и общество: сб. материалов апрельской науч.-практ. конф. молодых учёных / Школа экономики и менеджмента. Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2020. С. 898-902.
6. Productivity and parameters of blood of sows fed with probiotic supplements / L.N. Gamko, T.L. Talyzina, V.E. Podolnikov, I.I. Sidorov, A.G. Menyakina // BIO WEB OF CONFERENCES. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020). EDP Sciences. 2020. С. 00025.
7. Менякина А.Г., Кондалеев Г.Ю. Эффективность применения пробиотика «Басулифор-А» у лактирующих коров // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 641-646.
8. Phagocytic activity of neutrophils in the blood of pigs that received a "microecological system" alternative to antibiotics / A.A. Menkova, E.V. Krapivina, D.V. Ivanov, A.A. Kasheev, T.L. Talyzina // International Journal of Advanced Science and Technology. 2020. Т. 29, № 4s. С. 2595.

9. Алексеев И.А., Петрова С.Г. Влияние пробиотических добавок к корму «Бацелл» и «Пролам» на морфологический и биохимический статус // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2012. № 209. С. 15-20.

10. Алексеев И.А., Егоров Р.А. Опыт выращивания телят с применением пробиотической кормовой добавки Баулифор в молочном комплексе // Современные направления развития зоотехнической науки и ветеринарной медицины: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Голдобина Михаила Ивановича, Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного работника высш. шк. Чувашской АССР, д-ра с.-х. наук, проф. 2018. С. 167-172.

11. Алексеев И.А., Егоров Р.А., Кузнецов А.Ф. Влияние *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в составе кормовой добавки Баулифор на продуктивность, активность сывороточных иммуноглобулинов и аминотрансфераз у телят // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2019. № 1. С. 209-211.

12. Алексеев И.А., Егоров Р.А. Физиологические и морфологические показатели телят при применении кормовой добавки, содержащей *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* // Вестник Чувашской ГСХА. 2018. № 1 (4). С. 35-39.

13. Алексеев И.А., Егоров Р.А. Иммунологические показатели крови и сохранность телят при использовании пробиотической кормовой добавки «Баулифор» // Вестник Чувашской ГСХА. 2018. № 4 (7). С. 38-41.

14. Effect of probiotic and asparaginate on the growth of calves and chickens / O. Tyukavkina, S. Plavinsky, I. Tatarenko, L. Perepelkina et al. // E3S Web of Conferences. "Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna, EBWFF 2020" 2020. P. 01019.

15. Ковалева О.В., Костомахин Н.М., Кармацких Ю.А. Пробиотики - перспективное направление в животноводстве // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 1. С. 3-10.

16. Effect of normosil probiotic supplementation on the growth performance and blood parameters of broiler chickens / A. Khabirov, F. Khaziakhmetov, V. Kuznetsov, H. Tagirov et al. // Indian J of Pharmaceutical Education and Research. 2020. V. 55, № 1.

17. Вафина Д.Р., Гамко Л.Н. Влияние пробиотической добавки «Баулифор» на рост и морфобиохимические показатели крови телок до шестимесячного возраста // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 1 (210). С. 3-13.

Информация об авторах:

Д.Р. Вафина – аспирант кафедры кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, daria.vafina@yandex.ru.

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

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

Information about the authors:

D.R. Vafina - Postgraduate student of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, daria.vafina@yandex.ru.

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

A.G. Menyakina - Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Animal Feeding, Private Zootechny and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University, menyakina77@yandex.ru.

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

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

Статья поступила в редакцию 19.01.2024; одобрена после рецензирования 26.01.2024, принята к публикации 31.01.2024 .

The article was submitted 19.01.2024; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 31.01.2024.

© Вафина Д.Р., Гамко Л.Н., Менякина А.Г.

Научная статья
УДК 636.2:635.084.52

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВКЛЮЧЕНИЯ В РАЦИОНЫ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ КОМПЛЕКСНОЙ МИНЕРАЛЬНО-ВИТАМИННОЙ ДОБАВКИ «КАУМИКС ЛАКТАЦИЯ»

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

Аннотация. В результате проведённых исследований установлено положительное влияние включения в рационы лактирующих коров зимнего стойлового и летнего пастбищного периода содержания комплексной минерально-витаминной добавки премикса «КауМикс Лактация» на уровне 1% от сухого вещества рациона. Применение минерально-витаминной добавки в рационах кормления лактирующих коров способствовало повышению уровня молочной продуктивности за 305 дней лактации на 183,0 кг\гол или на 2,87%, выхода молока базисной жирности на 239,0 кг\гол или 3,35%. Морфо-биохимический состав крови лактирующих коров при применении премикса «КауМикс Лактация» находился в пределах физиологической нормы, с незначительным увеличением содержания гемоглобина на 0,23%, эритроцитов на 1,02%, альбуминов на 1,5% и лейкоцитов на 2,6%. Применение премикса «КауМикс Лактация» в рационах кормления коров способствовало снижению затрат кормов на образование молока на 0,03 ЭКЕ или 2,87% до уровня 0,92 ЭКЕ\кг. Включение в состав рациона кормления лактирующих коров премикса «КауМикс Лактация» способствовало увеличению прибыли от продажи молока на 4669,2 руб\гол, при увеличении уровня рентабельности производства молока на 2,05 п.п.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, лактирующие коровы, рационы кормления, минерально-витаминные добавки, молочная продуктивность.

Для цитирования: Шепелев С.И., Яковлева С.Е. Эффективность включения в рационы лактирующих коров комплексной минерально-витаминной добавки «КауМикс Лактация» // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 45-51.

Original article

EFFICIENCY OF INCLUDING THE COMPLEX MINERAL AND VITAMIN ADDITIVE "KAUMIKS LAKTATSIYA" INTO THE DIETS OF LACTATING COWS

Sergey I. Shepelev, Svetlana E. Yakovleva
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. As a result of the conducted researches, the positive effect of including the complex mineral and vitamin additive premix "Kaumiks Laktatsiya" at the level of 1% of the ration dry matter into the diets of lactating cows of the winter stable and summer pasture periods was established. The application of mineral and vitamin additive in the diets of lactating cows contributed to an increase in the level of milk productivity for 305 days of lactation by 183.0 kg / head or 2.87%, the milk yield of basic fat content by 239.0 kg / head or 3.35%. The morphobiochemical blood composition of the lactating cows when applying the "Kaumiks Laktatsiya" premix was within the physiological norm, with a slight increase in hemoglobin content by 0.23%, erythrocytes by 1.02%, albumins by 1.5% and leukocytes by 2.6%. The application of the "Kaumiks Laktatsiya" premix in cow diets contributed to a reduction in feed costs for milk formation by 0.03 EFU or 2.87% to the level of 0.92 EFU/kg. The inclusion of the "Kaumiks Laktatsiya" premix in the lactating cows diets contributed to an increase in profit from the milk sale by 4669.2 rubles per head, while increasing the profitability of milk production by 2.05 percentage points.

Keywords: cattle, lactating cows, diets, mineral and vitamin additives, milk productivity

For citation: S.I. Shepelev, S.E. Yakovleva. Efficiency of including the complex mineral and vitamin additive "KauMiks Laktatsiya" into the diets of lactating cows. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 45-51 (In Russ.).

Введение. Одной из актуальных проблем в молочном скотоводстве является вопрос сбалансированности рационов кормления лактирующих коров по содержанию минеральных веществ и витаминов недостаток которых, по оценкам различных авторов, может в значительной степени снижать как уровень молочной продуктивности коров, так и качество молочной продукции [1,2]. В условиях промышленного производства молока на молочно-товарных фермах, с целью восполнения недостатка биологически активных веществ, широкое применение находят различные минерально-витаминные добавки различающиеся не только по количеству, но и по уровню содержания биологически активных веществ [2,3]. При этом, для повышения эффективности использования кормовых добавок, существенное значение имеет изучение вопроса применения адресных минерально-витаминных добавок используемых на конкретных производственных группах животных с учетом их применения не только с целью повышения молочной продуктивности и качества производимого молока, но также и для улучшения экономических показателей производства молока и молочной продукции [3 -17].

Материал и методика исследований. Научно-хозяйственный опыт по изучению влияния комплексной витаминно - минеральной добавки - «Премикс КауМикс Лактация» в рационах кормления лактирующих коров, на продуктивные и качественные показатели при производстве молока про-

водили на молочно-товарной ферме ОАО АПК «Автомобилист» Жуковского района, Брянской области на поголовье голштинизированных коров черно-пестрой породы. Материалом для проводимых исследований явился адресный витаминно-минеральный премикс производства ЗАО «Завод премиксов №1» Белгородской области – премикс «КауМикс Лактация, рекомендуемый для восполнения недостатка ряда биологически активных веществ в рационах кормления лактирующих коров. В составе изучаемого премикса находится ряд витаминов, макро- и микроэлементов, которые играют важную биологическую роль для организма животных, при этом представленный сертификат качества премикса гарантирует, что содержание основных макро- и микроэлементов, а также витаминов в премиксе составляет (не менее): кальций 150г/кг, фосфор 15 г/кг, магний 125 г/кг, натрий 75 г/кг, сера 1,2 г/кг, железо 550 мг/кг, медь 720 мг/кг, цинк 1500 мг/кг, марганец 1500 мг/кг, кобальт 45 мг/кг, йод 60 мг/кг, селен 20 мг/кг, витамины А – 1,0 млн. МЕ, Д3 - 120000 МЕ, Е - 750 мг/кг, В3 2000 мг/кг. Для изучения влияния комплексной витаминно - минеральной добавки «Премикс КауМикс Лактация» на уровень молочной продуктивности было сформировано две группы лактирующих коров по 10 голов в каждой. Отбор коров в группы проводился по методу аналогов. Животных подбирали с учетом живой массы, физиологического состояния, возраста в лактациях и уровня продуктивности за предыдущую лактацию.

В соответствии со схемой опыта, первая - группа коров являлась контрольной и получала только корма основного рациона принятого в хозяйстве. Вторая – опытная группа коров дополнительно к основному рациону получала комплексную витаминно-минеральную добавку «Премикс КауМикс Лактация» в расчете 1% от сухого вещества рациона. Кормовую добавку «Премикс КауМикс Лактация» скармливали животным вместе с кормами основного рациона в течении всего периода лактации коров продолжительностью 305 суток (табл. 1).

Средняя живая масса коров на начало опыта в контрольной группе составила 514,3±10,34 кг., а во второй опытной группе 512,5±9,78 кг., при этом средний возраст коров в лактациях составил - 2,3 лактации в первой контрольной группе и 2,2 лактации во второй опытной группе.

Таблица 1 - Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Кол-во, гол	Продолжительность опыта, суток.	Порода коров	Средняя живая масса, кг	Средний удой за предыдущую лактацию, кг	Условия кормления
1 контрольная	10	305	черно-пестрая	514,3±10,34	6127,3±35,2	ОР (основной рацион)
2 опытная	10	305	черно-пестрая	512,5±9,78	6126,8±32,6	ОР + премикс «КауМикс Лактация» 1% от с.в. рациона

Молочная продуктивность коров по предыдущей лактации составила в среднем 6127,3±35,2 кг в первой контрольной группе и 6126,8±32,6 кг во второй опытной группе. Общая продолжительность учетного периода научно-хозяйственного опыта составила 305 дней лактации. Все животные в группах в течение опыта были клинически здоровыми. Падежа и выбытия животных в опытных группах в период проведения опыта не было.

Перед началом опыта был изучен состав и питательность основного рациона подопытных коров и проведен его анализ на соответствие нормам потребности животных в энергии, питательных и биологически активных веществах на основании рекомендуемых норм кормления РАСХН 2003 г. В ходе опыта ежемесячно изучали среднесуточный удой коров по результатам проводимых контрольных доек. При проведении контрольных доек учитывали удой и качество молока по содержанию жира, белка, плотности молока и содержанию соматических клеток. Показатели качества молока по содержанию жира, белка и плотности молока проводились в хозяйстве с применением анализатора качества молока «Лактан 1-4». Количество соматических клеток определялось по ГОСТ 23453-2014 с применением вискозиметра капиллярного типа «Эксперт Соматос - 01». Перерасчет количества молока фактической жирности на молоко базисной жирности проводился с использованием общепринятых методик. По результатам контрольных доек проводился расчет уровня молочной продуктивности, а также расчет зоотехнических показателей. При проведении гематологических исследований изучались биохимические и морфологические показатели крови на основании отбора проб крови из яремной вены у лактирующих коров утром до кормления. По общепринятым методикам определялось содержание гемоглобина - колориметрическим методом Сали, содержание эритроцитов и лейкоцитов проводилась путем проведения исследований в камере Горяева, содержание общего белка и фракции определялось в сыворотке крови, содержание глюкозы определялось колориметрическим методом на анализаторе КФК-03. Экономическая эффективность проведенных исследований была

рассчитана по общепринятым методикам с расчетом затрат кормов, себестоимости и рентабельности производства продукции. Результаты проведенных исследований были обработаны с использованием пакета прикладных программ MicrosoftOffice 2010 и электронных таблиц Excel [18].

Результаты и обсуждение. В ходе постановки научно-хозяйственного опыта был проведен анализ условий кормления лактирующих коров по периодам опыта по данным хозяйственных рационов. Анализ рациона кормления дойных коров контрольной группы в зимний стойловый период показал, что по общей питательности в структуре рациона на грубые корма приходится - 14,2 %, на сочные корма – 41,9%, на концентрированные корма – 43,9 %, что характеризует тип кормления как концентратный. Проведенный анализ уровня содержания питательных веществ в рационах кормления лактирующих коров контрольной группы в зимний стойловый период показал, что концентрация основных питательных веществ в сухом веществе рациона соответствует рекомендуемым нормам кормления и составляет в 1 кг сухого вещества: ОЭ -10,2 мДж; сырого протеина-145,6 г.; переваримого протеина-98,9 г.; сырого жира -37,17 г.; сырой клетчатки -225,2 г.; сахара-62,9 г. Дальнейший анализ рациона показал, что в рационе наблюдается значительный недостаток фосфора на 28 г или на 32,2%, меди на 48,1 мг или на 29,2%, цинка на 369,9 мг или 33%, марганца на 238 мг или на 21,4%, кобальта на 8,2 мг или на 60,2% и йода на 9,6 мг или на 63,7%. Кроме существенного недостатка минеральных веществ в рационе кормления коров контрольной группы в зимний стойловый период отмечается значительный недостаток каротина на 308,7 мг или на 40,1% и витамина Д на 15,1 тыс.МЕ или на 88,5%.

Анализ структуры рациона кормления лактирующих коров контрольной группы в летний пастбищный период показал, что значительное место в структуре рациона занимают сочные корма - 67,9 %, при этом уровень содержания концентрированных кормов по сравнению с зимним рационом был существенно ниже и составил 32,1%. Анализ данных рациона кормления дойных коров контрольной группы в летний пастбищный период показал, что рацион кормления дойных коров сбалансирован по уровню содержания обменной энергии и основных питательных веществ – сырого и переваримого протеина, сырого жира и основных углеводов. При этом концентрация питательных веществ в сухом веществе рациона летнего пастбищного периода в 1 кг сухого вещества составила: ОЭ -9,7 мДж; сырого протеина-153,3 г.; переваримого протеина-103,5 г.; сырого жира -38,9 г.; сырой клетчатки -271,2 г.; сахара-78,9 г. Также рацион в достаточной степени обеспечен по уровню содержания кальция и поваренной соли. Тем не менее, анализ данных рациона кормления лактирующих коров контрольной группы в летний пастбищный период показал, что рацион несбалансирован по уровню содержания ряда микроэлементов - меди на 36,2 мг, цинка на 485,7 мг, марганца на 80,2 мг, кобальта на 11,9 мг йода на 3,5 мг. Таким образом, на основании проведенного анализа нами было установлено, что рационы кормления лактирующих коров в зимний и летний периоды по содержанию основных питательных веществ в целом соответствуют нормам потребности за исключением ряда вышеперечисленных минеральных веществ и витаминов.

На основании проведенного анализа уровня кормления лактирующих коров, для восполнения недостатка минеральных веществ и витаминов, нами было предложено включить в состав рационов комплексную минерально-витаминную добавку – премикс «КауМикс Лактация» в соответствии со схемой опыта, на уровне 1% от сухого вещества рациона, что составило в различные периоды лактации коров от 160 до 200 г\гол в сутки. Анализ данных рацион кормления опытной группы коров в зимний стойловый период показал, что за счёт применения премикса «КауМикс Лактация» в рационах кормления опытной группы коров, уровень минеральных веществ значительной степени вырос за счёт применения кормовой добавки. При этом было установлено, что уровень содержания фосфора в рационе по сравнению с контрольной группой существенно повысился и составил 86,0 г, также в значительной степени повысилось содержание меди на 129,6 мг, цинка на 270,0 мг, марганца на 270,0 мг, кобальта на 8,1 мг, йода на 10,8 мг. Таким образом, за счет применения премикса «КауМикс Лактация» содержание практически всех минеральных веществ повысилось до нормативного уровня и обеспечило высокую сбалансированность рациона кормления дойных коров в зимний стойловый период содержания. Одновременно с этим также было установлено, что применение премикса «КауМикс Лактация» обеспечило повышение сбалансированности рациона кормления дойных коров до нормативного уровня по содержанию важнейших витаминов – каротина, витамина Д и Е.

Проведенный анализ рационов кормления опытной группы коров в летний пастбищный период также показал, что уровень сбалансированности питательных веществ, за счёт применения «КауМикс Лактация», существенно повысился по сравнению с контрольной группой коров. При этом было установлено, что содержание минеральных веществ как по макроэлементам кальцию и фосфору, так и по микроэлементам цинку, марганцу, меди, йоду и кобальту в существенной степени возрос, что позволило обеспечить содержание минеральных элементов до уровня рекомендуемых норм

кормления лактирующих коров или даже несколько выше.

Известно, что уровень молочной продуктивности коров напрямую зависит от уровня содержания питательных веществ в рационах кормления. В наших исследованиях было изучено влияние премикса «КауМикс Лактация» на показатели молочной продуктивности коров данные, по которым представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели сравнительной молочной продуктивности дойных коров при применении кормовой добавки «КауМикс Лактация» (в расчете на 1 голову)

Месяц лактации	Среднесуточный удой, кг/гол	Содержание жира в молоке, %	Удой молока, кг	1% -ное молоко, кг	Молоко базисной жирности 3,4%	Количество молочного жира, кг
1 - контрольная группа						
1	21,6±0,28	3,81±0,09	648,0	2468,9	726,1	24,7
2	30,4±0,27	3,78±0,08	912,0	3447,4	1013,9	34,5
3	29,4±0,22	3,72±0,10	882,0	3281,0	965,0	32,8
4	27,8±0,21	3,82±0,08	834,0	3185,9	937,0	31,9
5	24,2±0,29	3,85±0,07	726,0	2795,1	822,1	28,0
6	21,1±0,23	3,81±0,06	633,0	2411,7	709,3	24,1
7	19,3±0,32	3,79±0,07	579,0	2194,4	645,4	21,9
8	16,3±0,31	3,84±0,05	489,0	1877,8	552,3	18,8
9	12,8±0,22	3,90±0,08	384,0	1497,6	440,5	15,0
10	9,7±0,19	3,87±0,09	291,0	1126,2	331,2	11,3
Итого	21,26±0,29	3,81±0,07	6378,0	24285,9	7142,9	242,9
2- опытная группа						
1	21,7±0,33	3,84±0,09	651,0	2499,8	735,2	25,0
2	30,9±0,35	3,79±0,07	927,0	3513,3	1033,3	35,1
3	30,1±0,23*	3,74±0,09	903,0	3377,2	993,3	33,8
4	28,4±0,21*	3,83±0,08	852,0	3263,2	959,8	32,6
5	24,7±0,28	3,86±0,07	741,0	2860,3	841,3	28,6
6	22,8±0,21*	3,84±0,08	684,0	2626,6	772,5	26,3
7	19,7±0,27	3,82±0,06	591,0	2257,6	664,0	22,6
8	16,8±0,24	3,86±0,04	504,0	1945,4	572,2	19,5
9	13,3±0,22	3,90±0,05	399,0	1556,1	457,7	15,6
10	10,3±0,17*	3,88±0,06	309,0	1198,9	352,6	12,0
Итого	21,87±0,28	3,83±0,06	6561,0	25098,5	7381,9	251,0
2 опытная в % к 1 контрольной	102,87	100,46	102,87	103,35	103,35	103,35

Примечание: * P<0,05

Результаты проведенных нами исследований показали, что среднесуточный удой коров опытной группы за весь период лактации увеличился на 0,61 кг\гол и составил 21,87 кг\гол. При этом фактический удой коров опытной группы в результате использования кормовой добавки «КауМикс Лактация» увеличился за 305 дней лактации опытного периода на 183,0 кг или на 2,87 % по сравнению с контрольной группой.

Дальнейшие расчеты показали, что количество однопроцентного молока за весь период опыта в абсолютных показателях увеличилось в опытной группе на 812,5 кг, что в относительных показателях по отношению к контрольной группе составило 103,35 %. Также было установлено, что как за счет увеличения уровня молочной продуктивности, так и увеличения жирности молока коров опытной группы, которая получала премикс «КауМикс Лактация», существенно повысилась общая молочная продуктивность проведенная путем пересчета количества молока фактического удоя на молоко базисной жирности. При этом было установлено, что в пересчете на молоко базисной жирности разница по величине удоя коров опытной группы по сравнению с контрольной группой коров повысилась за весь период лактации на 238,98 кг или на 3,35 %, при этом выход молочного жира от коров опытной группы тоже значительно повысился и составил 251,0 кг, что на 8,13 кг или на 3,35% выше показателя контрольной группы коров. Также необходимо отметить, что статистическая обработка данных по уровню молочной продуктивности хоть и показала достаточно высокую разницу в уровне молочной продуктивности коров опытной группы получавших премикс «КауМикс Лактация» по сравнению с коровами контрольной группы, но эти данные не во все месяцы лактации имели статистически достоверную разницу, что объясняется достаточно большим коэффициентом вариации показателя уровня молочной продуктивности коров в опытной и контрольной группах.

В соответствии с методикой проведения опыта нами было выполнено сравнительное изучение качества молока полученного от коров контрольной группы и коров опытной группы получавшей премикс «КауМикс Лактация». Как показал анализ данных по качеству молока, применение премикса «КауМикс Лактация» в рационах лактирующих коров, не оказало значительного влияния на изменение качественных показателей молока. По сравнению с контрольной группой коров в опытной группе отмечено незначительное повышение жирности молока на 0,03%, а также содержания белка на 0,02%. Также необходимо отметить, что применение премикса «КауМикс Лактация» в рационах лактирующих коров опытной группы не оказало существенного влияния на уровень содержания соматических клеток в молоке по сравнению с контрольной группой в течение всего периода проведения исследований и находилось в пределах от 340 до 470 тыс./см³

Также при проведении исследований было установлено, что применение премикса «КауМикс Лактация» не оказало значительного влияния на изменение показателей морфо-биохимического состава крови, данные по которым представлены в диаграмме 1. При этом необходимо отметить, что различия между контрольной и опытной группами практически по всем показателям находились в пределах статистической погрешности. Несмотря на это нами отмечается, что повышенное содержание эритроцитов и гемоглобина в крови лактирующих коров опытной группы, относительно контрольной группы коров, видимо свидетельствует о более интенсивном обмене веществ в их организме и является дополнительным свидетельством того, что премикс «КауМикс Лактация» оказал положительное влияние на общее физиологическое состояние животных.

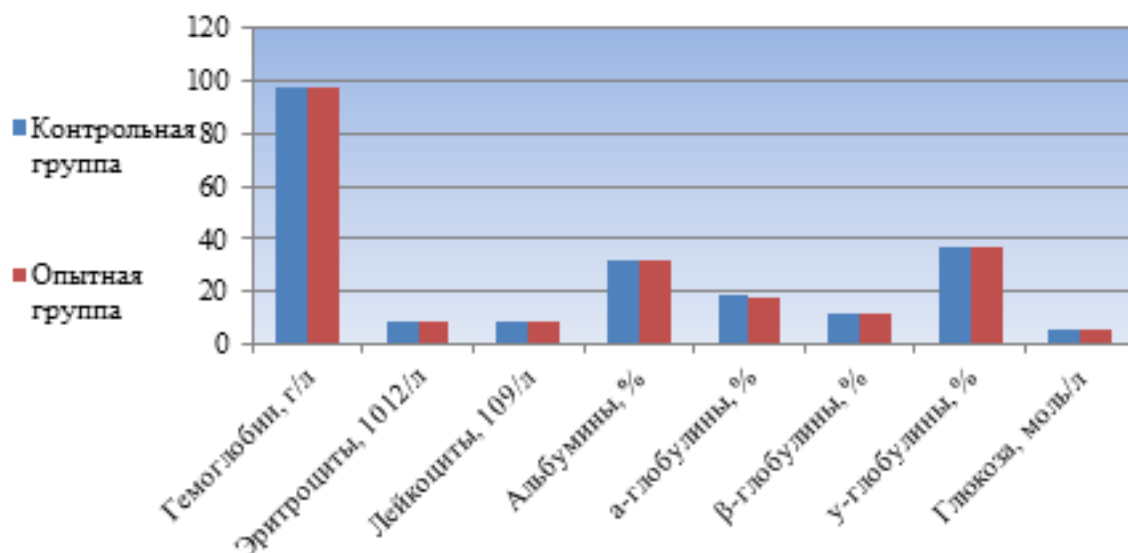


Рисунок 1 - Диаграмма основных биохимических показателей крови подопытных коров

На основании результатов научно-хозяйственного опыта по применению премикса «КауМикс Лактация» в рационах лактирующих коров в зимний стойловый и летний пастбищный период нами были определены затраты кормов на единицу полученной молочной продукции (табл. 3). Анализ данных затрат кормов на производство молока показал, что при общих равных затратах кормов за весь период лактации составивших 6039,0 ЭКЕ, за счёт повышения молочной продуктивности коров во второй опытной группе при применении кормовой добавки «КауМикс Лактация», затраты кормов на образование 1 кг молока составили 0,95 ЭКЕ/кг, что на 0,03 ЭКЕ или 2,8% ниже по сравнению с контрольной группой коров.

Таблица 3 - Показатели затрат кормов на молочную продуктивность коров при применении кормовой добавки «КауМиксЛактация»

Показатели	1-контрольная группа	2-опытная группа	Опытная в % к
Продолжительность периода лактации	305	305	100,0
Удой молока за лактацию, кг	6378	6561	102,9
Общие затраты корма, ЭКЕ	6039	6039	100,0
Затраты корма на 1 кг молока ЭКЕ	0,95	0,92	97,2

Расчет экономической эффективности возможности применения комплексной минерально-витаминной добавки премикса «КауМикс Лактация» лактирующим коровам проводился с учетом затрат на содержание животных, стоимости кормов основного рациона и дополнительных затрат на комплексную минерально-витаминную добавку премикс «КауМикс Лактация», а также реализацион-

ной стоимости полученного молока. Данные проведенных исследований показали, что за счет применения премикса «КауМикс Лактация» во второй опытной группе произошло увеличение производства молока базисной жирности на 239,0 кг/гол или на 3,35%, что позволило увеличить прибыль от продажи молока полученного в среднем за лактацию от 1 коровы на 4669,2 рубля. При этом, установлено, что на 1 рубль дополнительных затрат, понесенных на применение премикса «КауМикс Лактация» при кормлении коров второй опытной группы, было получено 1,52 рубля дополнительного дохода, а уровень рентабельности производства молока повысился на 2,05 п.п.

Вывод. В условиях промышленного производства молока, при составлении рационов кормления лактирующих коров, необходимо проводить тщательный анализ уровня кормления коров по всем показателям питательности с учетом содержания биологически активных веществ. Исходя из наших исследований установлено, что в рационах кормления лактирующих коров как в зимний стойловый, так и в летний пастбищный период наблюдается значительный дефицит ряда биологически активных веществ дефицит которых можно восполнить путем применения адресных минерально-витаминных добавок, одной из которых является премикс «КауМикс Лактация», способствующих не только повышению уровня молочной продуктивности и качества молока, но и экономической эффективности его производства.

Список источников

1. Воронова И.В., Игнатъева Н.Л., Немцева Е.Ю. Современные аспекты кормления молочных коров // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 1 (53). С. 164-169.
2. Шестаков В.М., Ермошина Е.В. Слагаемые интенсификации молочного скотоводства Калужской области // Вклад науки и практики в обеспечение продовольственной безопасности страны при техногенном ее развитии: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 18–19 марта 2021 года. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. С. 94-98.
3. Лемеш Е.А., Гулаков А.Н., Шепелев С.И. Влияние кормовой добавки на показатели продуктивности лактирующих коров // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 6 (100). С. 57-60.
4. Применение кормовой добавки «Мегабуст румен» в рационах кормления высокопродуктивных коров / С.И. Шепелев, С.Е. Яковлева, Е.А. Лемеш, В.А. Стрельцов // Известия Оренбургского ГАУ. 2023. № 2 (100). С. 270-276.
5. Мусаев Ф.А., Торжков Н.И., Майорова Ж.С. Кормовые добавки с биологически активными свойствами в кормлении скота // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-23. С. 5133-5138.
6. Гамко Л.Н., Менякина А.Г., Мицурина Е.А. Переваримость питательных веществ и использование азота у лактирующих коров при скармливании кормосмеси с минеральными добавками // Вестник Ульяновской ГСХА. 2022. № 1 (57). С. 194-199.
7. Соколова Е.И., Гамко Л.Н., Менякина А.Г. Эффективность применения сорбирующих добавок в рационах дойных коров в зоне радиоактивного загрязнения // Вестник Ульяновской ГСХА. 2023. № 3 (63). С. 150-154.
8. Некрасов Р., Аникин А. Расчет адресных рецептов комбикормов для коров // Комбикорма. 2021. № 1. С. 40-43.
9. Значение компонентов полноценности кормления лактирующих коров / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, Е.А. Мицурина // Вестник аграрной науки. 2023. № 4 (103). С. 65-70.
10. Некрасов Р.В., Аникин А.С. Расчет питательности адресных комбикормов для рационов высокопродуктивных лактирующих коров // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 5. С. 42-46.
11. Гамко Л.Н., Кубышкин А.В., Менякина А.Г. Эффективность производства молока при контроле рационов по широкому комплексу показателей // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 3 (97). С. 26-30.
12. Продуктивность коров, качество их молока и улучшение его технологических свойств на фоне применения в их рационах спд биопиннулар / О.А. Десятов, С.П. Лифанова, Л.А. Пыхтина, О.Е. Ерисанова // Вестник Ульяновской ГСХА. 2023. № 1 (61). С. 110-115.
13. Десятов О.А., Пыхтина Л.А., Исайчев В.А. Показатели рубцового пищеварения, продуктивности и качества молока коров на фоне применения в их рационах сорбционно - пробиотической добавки Биопиннулар // Вестник Ульяновской ГСХА. 2022. № 3 (59). С. 225-230.
14. Технология приготовления кормосмесей для лактирующих коров с включением плющенного консервированного зерна с минеральной добавкой «Стимул» / Л.Н. Гамко, В.Е. Подольников, А.Г. Менякина, М.А. Анохина // Вестник Брянской ГСХА. 2023. № 1 (95). С. 61-67.
15. Молочная продуктивность коров в период раздоя при использовании препарата «Мульти-вит+минералы» / Н.М. Костомахин, Л.П. Табакова И.Е., Иванова, О.В. Ковалева // Главный зоотехник. 2021. № 1 (210). С. 3-8.
16. Влияние минерального гранулированного комплекса на молочную продуктивность и качественные показатели молока коров / С.И. Николаев и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 7 (192). С. 33-42.
17. Кармацких Ю.А., Костомахин Н.М. Молочная продуктивность коров, качество молока и молочных продуктов при использовании природной кормовой добавки // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 12 (185). С. 12-21.
18. Биометрия в MS EXCEL / Е.Я. Лебедев, А.М. Хохлов, Д.И. Барановский, О.М. Гетманец. СПб., 2020. 172 с.

Информация об авторах:

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

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

Information about the authors:

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

S.E. Yakovleva - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry and Processing of Animal Products, Bryansk State Agrarian University.

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

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

Статья поступила в редакцию 19.01.2024; одобрена после рецензирования 26.01.2024, принята к публикации 31.01.2024 .

The article was submitted 19.01.2024; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 31.01.2024.

© Шепелев С.И., Яковлева С.Е.

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

Научная статья
 УДК 631.37

ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗОК
ГРУБЫХ КОРМОВ

Андрей Петрович Бабков, Владимир Иванович Варавин, Владимир Анатольевич Семькин
 ФГБОУ ВО Курский ГАУ, Курская область, Курск, Россия

Аннотация. Анализ применяемых транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок сенокосомистых материалов в хозяйствах Курской области показывает, что затраты времени на погрузку транспортного средства при небольших расстояниях перевозки приводят к значительному снижению производительности транспортного процесса. При сокращении расстояния перевозки с 5 до 1 км производительность снижается в 1.9 – 4.1 раза. Рассмотрено транспортное средство – стоговоз, состоящий из рамы, колёс, прицепного устройства, пальцевой платформы, механизма опускания-подъёма передней части платформы, механизма опускания-подъёма задней части платформы, бортов. Исследование трения скольжения грубых кормов по пальцам платформы стоговоза и по различным поверхностям – грунтовая поверхность, дернина, асфальтобетонная поверхность, солома, щебенчато-гравийное покрытие показывает на снижение коэффициентов трения с увеличением нагрузки от 0.24 до 1.2 кН/м на 20-25 %; сила трения увеличивается на 10-15 % с возрастанием скорости перемещения от 0.1 до 0.5 м/с; при скорости 0.5 м/с коэффициент трения соломы гречихи выше коэффициента трения овсяной соломы на 22 %; наибольший коэффициент трения между соломой и щебенчато-гравийным покрытием (0.73), наименьший между соломой и асфальтобетонной поверхностью (0.51). Наконечники пальцев платформы с разными углами оказывают неодинаковое деформирующее воздействие на грубый корм: с увеличением угла конуса с 15° до 40° сопротивление возрастает в 1.6 раза. Для агрегатирования стоговоза рекомендован трактор тягового класса 30-40 кН при регулировании угла наклона платформы при загрузке до 12° . Получены условия по углам наклона платформы в транспортном положении $\alpha > -2.9^\circ$, при разгрузке грубого корма в розвязи $\alpha_p > 20^\circ$, при разгрузке грубого корма в рулонах или тюках $\alpha_p > 27^\circ$. Применение тракторного агрегата Беларус 2022.3+стоговоз на внутрихозяйственных перевозках грубого корма до 5 км повысит производительность транспортного процесса по сравнению с агрегатом Беларус 80.1+2ПТС-4.5 на 35 %.

Ключевые слова: грубый корм, тракторный транспортный агрегат, прицеп, стоговоз, коэффициент трения, сопротивление, производительность.

Для цитирования: Бабков А.П., Варавин В.И., Семькин В.А. Транспортное средство для внутрихозяйственных перевозок грубых кормов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 52-57.

Original article

VEHICLE FOR ON-FARM TRANSPORTATION OF COARSE FEED

Andrey P. Babkov, Vladimir I. Varavin, Vladimir A. Semykin
 Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, Kursk region, Kursk, Russia

Abstract. The analysis of the vehicles used for on-farm transportation of hay and straw materials in the farms of Kursk region shows that the time spent on loading the vehicle at short transportation distances leads to a significant decrease in the productivity of the transport process. When the transportation distance is reduced from 5 to 1 km, productivity decreases by 1.9 – 4.1 times. A haystack transport vehicle consisting of a frame, wheels, a trailer device, a finger platform, a mechanism for lowering and lifting the front part of the platform, a mechanism for lowering and lifting the rear part of the platform, and sides has been considered. The research of the sliding friction of coarse feed on the fingers of the haystack transport's platform as well as on various surfaces – ground surface, turf, asphalt concrete surface, straw, crushed stone and gravel coating reveals a decrease in friction coefficients with an increase in load from 0.24 to 1.2 kN/m by 20-25 %; the friction force increases by 10-15 % with increasing speed movement from 0.1 to 0.5 m / s; at a speed of 0.5 m / s, the coefficient of friction of buckwheat straw is higher than the coefficient of friction of oat straw by 22 %; the greatest coefficient of friction is between straw and crushed stone and gravel coating (0.73), the lowest is between straw and asphalt concrete surface (0.51). The finger tips of the platform with different angles have an unequal deforming effect on coarse feed: with an increase in the angle of the cone from 15° to 40° , the resistance increases 1.6 times. A tractor of traction class 30-40 kN is recommended for aggregating a haystack transport when adjusting the angle of inclination of the platform when loading up to 12° . Conditions were obtained for the angles of inclination of the platform in the transport position $\alpha > -2.9^\circ$, when unloading coarse feed in the link $\alpha_p > 20^\circ$, when unloading coarse feed in rolls or bales $\alpha_p > 27^\circ$. The use of the tractor unit Belarus 2022.3+a haystack transport on on-farm transportation of coarse feed up to 5 km will increase the productivity of the transport process compared to the unit Belarus 80.1+2PTS-4.5 by 35 %.

Keywords: coarse feed, tractor transport unit, trailer, haystack transport, coefficient of friction, resistance, productivity.

For citation: A.P. Babkov, V.I. Varavin, V.A. Semykin. Vehicle for on-farm transportation of coarse feed. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 52-57 (In Russ.).

Введение. Сено и солома являются неотъемлемой частью большинства рационов животных [1, с. 51-52; 2, с. 65-70; 3, с. 33-34]. Солома также является хорошим подстилочным материалом для животных, применяется при выращивании грибов, в строительстве [4, с. 94-99].

Для транспортирования сена и соломы в хозяйствах Курской области используют тракторные транспортные агрегаты с прицепами общего назначения и специализированными, автомобильный транспорт. Для сбора и транспортировки рулонов и тюков грубого корма предложены конструкции специализированных транспортных средств [5; 6, с. 59-68]. Применение того или иного транспортного средства во многом зависит от способа уборки сеносоломистых материалов: в цельном, измельчённом или прессованном виде и технологии уборки.

При уборке сена и соломы в цельном и прессованном видах и при использовании их на корм животным, большая часть скирдуетя на краю полей. При использовании тракторных прицепов 2ПТС-4.5, ПСТ-12 и других погрузка в них осуществляется погрузчиками типа ПКУ-0.8, СНУ-550, самоходными фронтальными погрузчиками. Загрузка соломы или сена в розвязи приводит к снижению коэффициента использования грузоподъёмности транспортного средства, что требует увеличения его вместимости. Уборка сеносоломистых материалов в прессованном виде лишь частично решает вопрос по использованию грузоподъёмности транспортных средств из-за несоответствия размеров и формы тюков или рулонов параметрам платформы тракторного прицепа или кузова автомобиля.

Материалы и методы. Производительность транспортных агрегатов определялась по опытным данным

$$W = \frac{M_1 \cdot S_{\Gamma}}{t_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

где W – производительность транспортного тракторного агрегата по цикловому времени, ткм/ч; M_1 – масса перевезенного грубого корма за езду, т; $t_{\text{ц}}$ – длительность цикла, ч; S_{Γ} – расстояние, пройденное агрегатом с грузом, км.

Длительность цикла включала

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{п}} + t_{\text{г}} + t_{\text{х}} + t_{\text{р}} + t_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{п}}$ – время простоя агрегата под погрузкой, ч; $t_{\text{г}}$ и $t_{\text{х}}$ – соответственно время движения агрегата с грузом и без груза, ч; $t_{\text{р}}$ – время простоя агрегата под разгрузкой, ч; $t_{\text{пр}}$ – прочие потери времени в течение рассматриваемого цикла, ч.

Хронометражные наблюдения проводились в производственных условиях, характерных для данного вида работ. Точность хронометражных наблюдений ± 30 с. Принимали трёхкратную повторяемость. По продолжительности испытаний разница не превышала ± 10 %.

Коэффициенты трения скольжения сеносоломистых материалов определяли на лабораторной установке путем измерения сопротивления перемещению камеры с грубым кормом по двум пальцам, диаметром 24, 40, 57, 76, 89 мм. Скорость перемещения камеры – 0,1-0,5 м/с. Исследование проводили на сене люцерны, костреца безостого и соломе озимой пшеницы, гречихи, овсяной, ячменной, просяной. Влажность грубого корма составляла 16-18 %, длина стеблей 400-700 мм. Измерением сопротивления перемещению камеры с грубым кормом определены коэффициенты трения сеносоломистых материалов по грунтовой поверхности, дернине, асфальтобетонной поверхности, соломы, щебенчато-гравийному покрытию.

Для определения сопротивления внедрению наконечников пальцев в грубый корм использовали наконечники с углом конуса 15° , 20° , 25° , 30° , 35° , 40° , плотность грубого корма составляла 30, 40, 50, 60, 70 кг/м³.

Результаты и их обсуждение. Для загрузки транспортного средства требуются значительные затраты времени, что при небольших расстояниях перевозки приводит к значительному снижению производительности транспортного процесса [7, с. 40-42]. При сокращении расстояния перевозки с 5 до 1 км производительность снижается в 1.9 – 4.1 раза (рис. 1). Поэтому предлагается на внутривозвратных перевозках грубых кормов использовать самозагружающееся транспортное средство – стоговоз в агрегате с колёсным трактором.

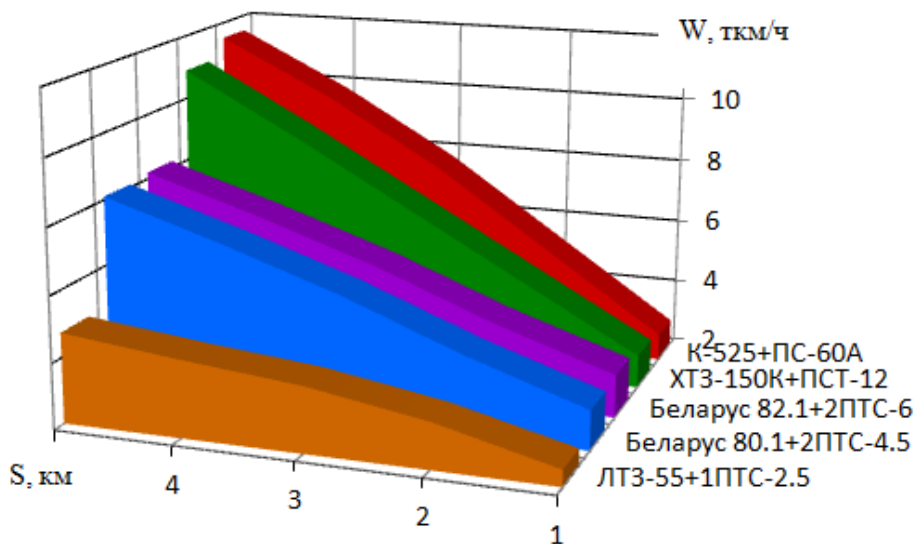


Рисунок 1 – Зависимость производительности транспортных средств различной грузоподъёмности на перевозке грубого корма от расстояния

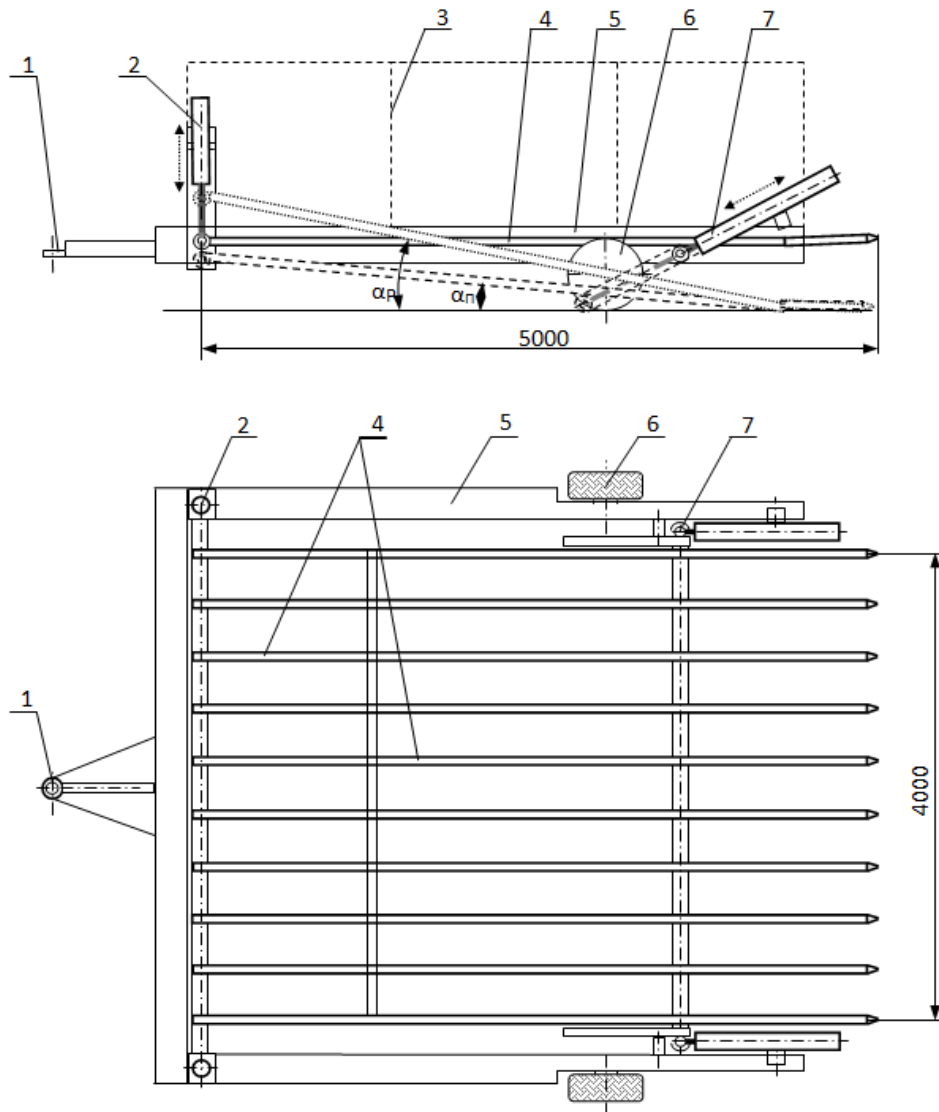
Стоговоз (рис. 2) [8] состоит из рамы с прицепным устройством, колес, подвижной платформы с механизмом подъема, который состоит из двух гидроцилиндров, закрепленных на раме и трубы, которая установлена на роликах в направляющих. Направляющие закреплены на цапфах и опираются в транспортном положении на опоры. В передней части стоговоза установлена сталкивающая стенка с гидроцилиндром.

Недостатком данной конструкции стоговоза является механизм разгрузки – величина хода сталкивающей стенки не обеспечивает полную выгрузку стога сена или соломы при недостаточной связанности материала в стогу.



Рисунок 2 – Стоговоз

На рисунке 3 представлена схема усовершенствованного стоговоза с подвижной платформой.



1 – прицепное устройство; 2 – механизм опускания-подъёма передней части платформы; 3 – борт; 4 – пальцевая платформа; 5 – рама стоговоза; 6 – колесо; 7 – механизм опускания-подъёма задней части платформы

Рисунок 3 – Схема стоговоза с подвижной платформой

Процесс загрузки, транспортирования и разгрузки осуществляется следующим образом: платформа стоговоза переводится в положение загрузки и стоговоз задним ходом трактора подаётся к стогу, пальцы платформы входят под стог грубого корма под углом α_n , механизмом опускания-подъёма платформа переводится в транспортное положение и так осуществляется транспортирование стога к месту разгрузки; при разгрузке пальцы платформы в задней её части опускаются на разгрузочную площадку, при этом передняя часть платформы поднимается вверх до обеспечения угла разгрузки α_r , при движении транспортного тракторного агрегата вперёд – платформа выходит из-под стога и затем переводится в транспортное положение; на этом транспортный процесс завершается.

Для определения оптимальных параметров платформы стоговоза были проведены исследования по определению коэффициентов трения скольжения грубого кормов и сопротивления внедрению пальцев платформы стоговоза в сеносоломистый материал.

Зависимости коэффициента трения f_c ячменной соломы по пальцам платформы стоговоза от нагрузки q (кН/м) и скорости V (м/с) при влажности соломы 16-18 % представлены на рисунке 4.

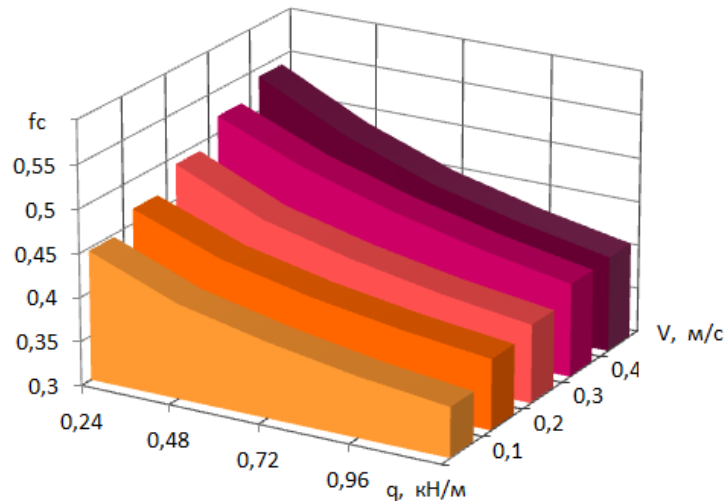


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента трения f_c ячменной соломы по пальцам платформы стогагоза от нагрузки q (кН/м) и скорости V (м/с)

Наблюдается снижение коэффициента трения при увеличении давления на пальцы. Так, с увеличением давления от 0,24 до 1,2 кН/м происходит снижение коэффициента трения на 20-25 %. Сила трения увеличивается на 10-15 % с возрастанием скорости перемещения от 0,1 до 0,5 м/с.

Проведены исследования на сене люцерны, сене костреца безостого и соломы озимой пшеницы, гречихи, овсяной, ячменной, просяной. Солома гречихи и сено костреца безостого имеют наибольшие значения коэффициентов трения скольжения. При $V = 0,5$ м/с коэффициент трения соломы гречихи на 22 % выше коэффициента трения овсяной соломы.

По условиям транспортного процесса перевозки грубых кормов, операция разгрузки может проводиться на различной поверхности – это грунтовая поверхность, дернина, асфальтобетонная поверхность, солома, щебенчато-гравийное покрытие. Исследование трения ячменной соломы по различным поверхностям показали, что наибольший коэффициент трения между соломой и щебенчато-гравийным покрытием ($f_c = 0,73$), наименьший между соломой и асфальтобетонной поверхностью ($f_c = 0,51$) при скорости $V = 0,5$ м/с.

При загрузке стогагоза происходит частичное внедрение пальцев платформы в сеносоломистый материал. Параметры наконечников пальцев зависят от сопротивления деформациям грубого корма. Проведено исследование влияния угла конуса наконечника пальца платформы β на сопротивление его внедрению в сеносоломистый материал плотностью 30-70 кг/м³. Наконечники с разными углами оказывают неодинаковое деформирующее воздействие на грубый корм: с увеличением угла конуса с 15° до 40° сопротивление возрастает в 1.6 раза. Поэтому для снижения сопротивления при внедрении пальцев в сеносоломистый материал следует применять наконечники с углом конуса $\beta \leq 20^\circ$.

Для средневзвешенного расстояния перевозок – 5 км определена оптимальная грузоподъемность равная 5 т. С учётом грузоподъемности и размеров стога, которые могут быть сформированы соломой или сеном в рассыпном и прессованном видах (ширина до 4 м, длина до 5 м), определены длина и ширина платформы транспортного средства.

Выводы. 1. Для агрегатирования стогагоза с предложенными параметрами платформы рекомендуется использовать трактор тягового класса 30-40 кН при регулировании угла наклона платформы при загрузке до 12°.

2. В транспортном положении платформы получено условие по углу её наклона $\alpha > -2,9^\circ$, которое обеспечивает устойчивое положение грубого корма с учётом трогания с места и преодоления спусков и подъёмов тракторным транспортным агрегатом.

3. Для обеспечения разгрузки транспортного средства необходимо чтобы сила трения, которая возникает между грубым кормом и платформой была преодолена действием силы трения, появляющейся за счёт контакта части груза с поверхностью разгрузочной площадки и наклонной составляющей веса сеносоломистого материала на платформе. Для связанного груза (при уборке грубого корма в цельном виде в розвязи) угол наклона платформы стогагоза должен составлять $\alpha_p > 20^\circ$; для навалочного в рулонах или тюках $\alpha_p > 27^\circ$ - без учёта силы трения между частью груза с поверхностью разгрузочной площадки.

4. Применение тракторного агрегата Беларусь 2022.3+стогагоз на внутривозвратных перевозках грубого корма повысит производительность транспортного процесса по сравнению с агрегатом Беларусь 80.1+2ПТС-4.5 на 35 %.

Список источников

1. Разумовский Н. Солома в рационах коров // Животноводство России. 2019. № 1. С. 51-52.
2. Значение компонентов полноценности кормления лактирующих коров / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, Е.А. Мицурина // Вестник аграрной науки. 2023. № 4 (103). С. 65-70.
3. Кормосмеси с соломой в рационе скота / Т. Грошевская, Н. Гончарова, С. Бугаев, Л. Кибкало // Животноводство России. 2022. № 4. С. 33-34.
4. Солома и изделия из соломы в строительстве / Д.А. Солдатов, Н.З. Мингалеев, А.Н. Петров и др. // Инновационно-информационные решения в области интеграции сервиса, потребительской кооперации и агропромышленного комплекса: сб. науч. тр. II междунар. науч.-теорет. конф., Казань, 25 ноября 2016 года. Казань: Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Центросоюза Российской Федерации "Российский университет кооперации" Казанский кооперативный институт (филиал), 2016. С. 94-99.
5. Погрузчик-транспортровщик рулонов сеносоломистых материалов: пат. 216295 Рос. Федерация: U1 МПК A01D 87/12, A01D 90/08 / Шапров М.Н., Мартынов И.С., Седов А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный аграрный университет". № 2022127711; заявл. 10.02.2022; опубл. 26.01.2023.
6. Трофимович Л.И. Средства механизации для уборки стебельчатых кормов, запрессованных в тюки или рулоны // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию со дня образования РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства", Минск, 18–20 октября 2017 года. Мн.: Изд. дом "Беларуская навука", 2017. С. 59-68.
7. Бабков А.П. Влияние эксплуатационных факторов на производительность транспортных средств // Научное обеспечение агропромышленного производства: материалы междунар. науч.-практ. конф., Курск, 29–31 января 2014 г. Ч. 2. Курск: Курская ГСХА им. профессора И.И. Иванова, 2014. С. 40-42.
8. Стоговоз: пат. 2189131 С2 Рос. Федерация: МПК A01D 90/00, A01D 87/12 / Репетов А.Н., Бабков А.П.; заявитель и патентообладатель Курская ГСХА им. проф. И.И. Иванова. - № 2000115082/13; заявл. 09.06.2000; опубл. 20.09.2002.

Информация об авторах:

А.П. Бабков – заведующий кафедрой транспортных систем и эксплуатации машинно-тракторного парка, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, babkov_ar@mail.ru

В.И. Варавин - декан инженерного факультета, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, varawin.vladimir@yandex.ru.

В.А. Семькин - советник при ректорате, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Курский ГАУ, injenerka2014@yandex.ru.

Information about the authors:

A.P. Babkov - Head of the Department of Transport Systems and Operation of the Machine and Tractor Fleet, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kursk State University, babkov_ar@mail.ru.

V.I. Varavin - Dean of the Faculty of Engineering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kursk State University, varawin.vladimir@yandex.ru.

V.A. Semykin - Advisor to the Rector's Office, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, injenerka2014@yandex.ru.

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

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

Статья поступила в редакцию 14.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 14.11.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Бабков А.П., Варавин В.И., Семькин В.А.

Научная статья
УДК 621. 436. 2

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ ДИЗЕЛЬНОЙ ФОРСУНКИ

¹Николай Васильевич Грунтович, ²Дмитрий Владимирович Кирдищев

¹ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», Минск, Республика Беларусь

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

Аннотация. За анализируемый период (2005-2022 гг.) в сельскохозяйственных организациях России количество тракторов сократилось в 2,2 раза. Особенно резкое снижение тракторного парка отмечается в 2015 г. по сравнению с 2005 г. на 46,9%. Отрицательная динамика наблюдается и в разрезе регионов. Снижение уровня оснащённости техническими средствами и повышение нагрузки на сельскохозяйственную технику приводит к преждевременному износу машин и оборудования, увеличению эксплуатационных издержек. На диагностирование топливной аппаратуры дизельного двигателя затрачивается наибольшее количество времени. Большинство ее методов предполагает частичную разборку двигателя, что увеличивает себестоимость работ. Поэтому разработка новых методов диагностирования является актуальной задачей. На основе большого экспериментального материала была показана возможность применения виброакустических характеристик для диагностирования форсунок во время работы дизеля. Рассматриваются практические результаты технического диагностирования топливной аппаратуры дизеля с использованием виброакустических характеристик. На основе заданной диагностической матрицы, метода Байеса и метода последовательного анализа выполнены расчеты по определению влияния снижения упругости пружины форсунки на эффективность работы топливной форсунки, и взаимосвязи увеличенной затяжки пружины форсунки с высокой амплитудой на частоте 115 Гц. Результаты расчетов, основанных на вероятностно-статистических методах, показали: снижение упругости пружины при низкой амплитуде на частоте 49 Гц наступает с вероятностью 0,51. Высокая амплитуда на частоте 115 Гц взаимосвязана со степенью затяжки пружины топливной форсунки.

Ключевые слова: топливная аппаратура, диагностирование, дизель, метод Байеса, метод последовательного анализа, виброакустические характеристики.

Для цитирования: Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Применение вероятностно-статистических методов при выявлении дефектов дизельной форсунки // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 58-62.

Original article

APPLICATION OF PROBABILISTIC AND STATISTICAL METHODS IN THE DETECTION OF DIESEL NOZZLE DEFECTS

¹Nikolai V.Gruntovich, ²Dmitry V. Kirdishchev

¹ GIPK GAZ-INSTITUT, Minsk, Republic of Belarus

²Bryansk StateAgrarianUniversity, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. During the analyzed period (2005-2022), the number of tractors in agricultural organizations in Russia decreased by 2.2 times. A particularly sharp decline in the tractor fleet was noted in 2015 compared to 2005 by 46.9%. Negative dynamics is also observed in the context of regions. A decrease in the level of equipment with technical means and an increase in the load on agricultural machinery leads to premature wear of machinery and equipment, an increase in operating costs. The largest amount of time is spent on testing the fuel equipment of a diesel engine. Most of its methods involve partial disassembly of the engine, which increases the cost of work. Therefore, the development of new methods of diagnostics is an urgent task. On the basis of a large experimental material, the possibility of using vibroacoustic characteristics for diagnosing injectors during diesel operation was shown. Practical results of technical diagnostics of diesel fuel equipment with the use of vibroacoustic characteristics are considered. Based on the given diagnostic matrix, the Bayes's method and the sequential analysis method, calculations were performed to determine the effect of a decrease in the elasticity of the nozzle spring on the fuel injector efficiency, and the relationship of the diagnosis increased the tightening of the nozzle spring with a sign of high amplitude at a frequency of 115 Hz. The results of calculations based on probabilistic and statistical methods showed that a decrease in spring elasticity at a low amplitude at a frequency of 49 Hz occurs with a probability of 0.51. A high amplitude at a frequency of 115 Hz is a sign of the diagnosis of increased tightening of the fuel injector spring.

Keywords: fuel equipment, diagnostics, diesel, Bayes's method, sequential analysis method, vibroacoustic characteristics.

For citation: N.V.Gruntovich, D.V. Kirdishchev. Application of probabilistic and statistical methods in the detection of diesel nozzle defects. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 58-62 (In Russ.).

Введение. Эффективное развитие сельского хозяйства в условиях импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны, в том числе региона предполагает создание определённых условий по оснащению сельскохозяйственных организаций машинно-тракторным парком. В свою очередь, от наличия, качественного состава и интенсивности использования парка основных видов техники зависит уровень механизации хозяйственных работ, и, как следствие увеличение объёма произведённой сельскохозяйственной продукции, а также повышение производительности труда в АПК [1].

Цель исследований: Выявление дефектов топливной аппаратуры с применением вероятностно-статистических методов по виброакустическим спектрам.

Средством, повышающим качество и эффективность технического обслуживания, ремонта и эксплуатации топливной аппаратуры является техническое диагностирование [2]. Большинство методов диагностирования топливной аппаратуры предполагает частичную разборку двигателя, что увеличивает себестоимость работ. Поэтому разработка новых методов диагностирования является актуальной задачей.

Для выявления дефектов топливной аппаратуры используются как детерминированные, так и вероятностно-статистические методы принятия решений.

Вероятностно-статистические методы применяют в тех случаях, когда необходимо определить одно из состояний «исправное» или «неисправное». Суть методов заключается в применении вероятностных моделей на основе оценивания и проверки гипотез при помощи выборочных характеристик [2].

Основное преимущество вероятностно-статистических методов распознавания состоит в возможности одновременного учёта признаков различной физической природы или механизмов формирования, так как эти методы оперируют безразмерными величинами – вероятностями их появления при возникновении различных состояний системы [3].

На практике используются следующие статистические методы распознавания ситуации: метод Байеса и метод последовательного анализа (Вальда).

Материалы и методы. Основываясь на теории вибродиагностирования топливной аппаратуры, изложенной в статьях [4,5,6] разработан алгоритм определения степени износа элементов топливной аппаратуры по методу Байеса и методу последовательно анализа (Вальда). Научная новизна выполненных исследований подтверждена патентом РФ [7].

Метод Байеса основан на следующем подходе: если имеется диагноз D_i и простой признак X^* , встречающийся при этом диагнозе, то вероятность совместного появления события выражается:

$$P(D_i / X^*) = \frac{P(D_i) \cdot P(X^* / D_i)}{\sum_{s=1}^n P(D_s) \cdot P(X^* / D_s)}. \quad (1)$$

При этом сумма вероятностей всех возможных реализаций признака равна единице.

Для определения вероятности диагнозов по методу Байеса необходимо составляем диагностическую матрицу топливной аппаратуры (табл. 2), которая формируется на основе предварительно статистического материала, полученного при анализе вибродиагностических спектров (рис. 1) [8].

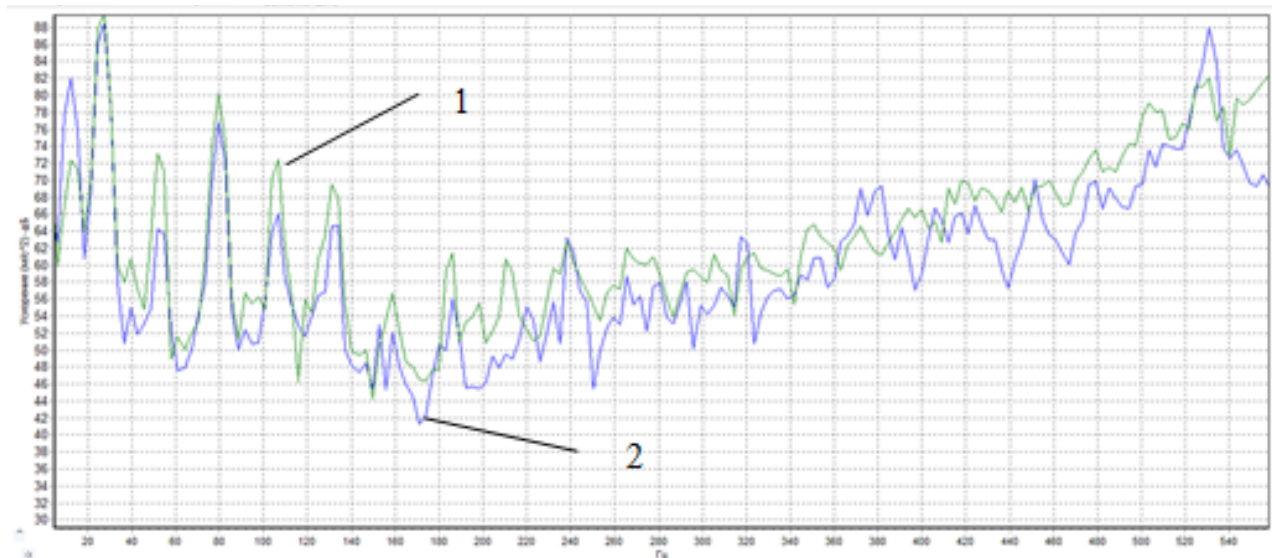


Рисунок 1- Пример спектра вибрации дизельных форсунок Д-240 с наработкой 518 моточасов на 700об/мин: 1- первая форсунка; 2 -третья форсунка.

Результаты и их обсуждение. Для составления диагностической матрицы определим по статическим данным $P(D_i)$ – вероятность диагноза D_i . Так, если предварительно обследовано N объектов и у N_i объектов имелось состояние D_i , то вероятность $P(D_i)$ постановки диагноза D_i определяется как:

$$P(D_i) = N_i / N$$

Т.е., если исследовано $N=12$ форсунок, из которых три имеют снижение упругости пружины ($N_i = 3$), то вероятность диагноза снижение упругости пружины $P(D_1) = 3/12 = 0,25$

Далее определяем $P(x_j/D_i)$ – вероятность появления признака x_j у объектов с состоянием D_i . Если среди N_i объектов, имеющих диагнозов D_i у N_{ij} , проявился признак x_j , то

$$P(x_j/D_i) = \frac{N_{ij}}{N_i}$$

Т.е., если у трёх форсунок с диагнозом снижение упругости пружины ($N_i = 3$) 2 форсунки имеют низкую амплитуду на частоте 49Гц ($N_{ij} = 2$), то вероятность появления признака «низкая амплитуда на частоте 49Гц» у форсунок со снижением упругости пружины составляет $P(x_1/D_3) = 2/3 = 0,66$.

Таблица 1 - Диагностическая матрица топливной аппаратуры в методе Байеса

Диагноз D_i топливной аппаратуры	Признак				P(D_i)
	Низкая амплитуда на частоте 49 Гц x_1	Низкая амплитуда на частоте 73Гц x_2	Высокая амплитуда на частоте 115Гц x_3	Низкая амплитуда на частоте 137 Гц x_4	
	$P(x_1 / D_i)$	$P(x_2 / D_i)$	$P(x_3 / D_i)$	$P(x_4 / D_i)$	
D_1	0,66	0,5	0,16	0,22	0,25
D_2	0,33	0,5	0,16	0,22	0,16
D_3	0,33	0,5	0,16	0,44	0,5
D_4	0,6	0,9	0,5	0,55	0,75

Применяя обобщенную формулу Байеса и числовые значения из таблицы 2, определим вероятность D_1 Снижение упругости пружины, D_2 , Закоксованность сопловых отверстий D_3 Увеличенная затяжка пружины и D_4 Износ ТНВД.

Пример 1. Определим, с какой вероятностью наступит снижение упругости пружины при низкой амплитуде на частоте 49 Гц.

$$P(D_1 / x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) = \frac{P(D_1) \cdot P(x_1 / D_1) \cdot P(\bar{x}_2 / D_1) \cdot P(\bar{x}_3 / D_1) \cdot P(\bar{x}_4 / D_1)}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}$$

$$A_1 = P(D_1) \cdot P(x_1/D_1) \cdot P(\bar{x}_2/D_1) \cdot P(\bar{x}_3/D_1) \cdot P(\bar{x}_4/D_1)$$

$$A_1 = 0,25 \cdot 0,66 \cdot 0,5 \cdot 0,84 \cdot 0,78 = 0,054$$

$$A_2 = P(D_2) \cdot P(x_1/D_2) \cdot P(\bar{x}_2/D_2) \cdot P(\bar{x}_3/D_2) \cdot P(\bar{x}_4/D_2)$$

$$A_2 = 0,16 \cdot 0,33 \cdot 0,5 \cdot 0,84 \cdot 0,78 = 0,017$$

$$A_3 = P(D_3) \cdot P(x_1/D_3) \cdot P(\bar{x}_2/D_3) \cdot P(\bar{x}_3/D_3) \cdot P(\bar{x}_4/D_4)$$

$$A_3 = 0,5 \cdot 0,33 \cdot 0,5 \cdot 0,84 \cdot 0,36 = 0,024$$

$$A_4 = P(D_4) \cdot P(x_1/D_4) \cdot P(\bar{x}_2/D_4) \cdot P(\bar{x}_3/D_4) \cdot P(\bar{x}_4/D_4)$$

$$A_4 = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 0,01$$

$$P(D_1 / x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4) = \frac{0,25 \cdot 0,66 \cdot 0,5 \cdot 0,84 \cdot 0,78}{0,054 + 0,017 + 0,024 + 0,01} = 0,51$$

Из расчетов видно, что снижение упругости пружины (диагноз D_1) при низкой амплитуде на частоте 49 Гц наступает с вероятностью 0,51.

Поясним сущность метода последовательного анализа на следующем примере. Пусть при диагнозе D_1 простой признак x_1 встречается с вероятностью $P(x_1 / D_1) = 0,66$, для диагноза D_2 соответственно $P(x_1 / D_2) = 0,33$. Если у объекта с комплексным признаком X^* наблюдается признак x_1 и при диагнозе D_1 он встречается чаще, чем при D_2 , то можно сделать вывод в пользу диагноза D_1 при

$$\frac{P(x_1 / D_1)}{P(x_1 / D_2)} > A, X^* \in D_1$$

где A – верхняя граница принятия решения.

В противоположном случае, когда признак x_1 значительно чаще встречается при диагнозе D_1 , принимается решение в пользу диагноза D_2 при

$$\frac{P(x_1 / D_1)}{P(x_1 / D_2)} < B, X^* \in D_2$$

где B – нижняя граница принятия решения.

Отношение вероятностей $B < \frac{P(x_1 / D_1)}{P(x_1 / D_2)} < A$, называют отношением правдоподобия.

Если полученное выражение больше некоторого порогового значения A , то ставится диагноз A , если меньше некоторого порогового значения B , то ставится диагноз B [9].

Пороговые значения рассчитывают, исходя из вероятностей ошибок первого α и второго β рода, которые считаются заданными. В практических расчётах обычно принимают $\alpha = \beta = 0,05 \dots 0,1$.

$$A \leq \frac{1 - \beta}{\alpha} = \frac{1 - 0,1}{0,1} = 9 \quad (2)$$

$$B \geq \frac{\beta}{1 - \alpha} = \frac{0,1}{1 - 0,1} = 0,111 \quad (3)$$

Если в результате первой проверки данное условие не выполняется, то необходима следующая проверка, тогда отношение правдоподобия:

$$B < \frac{P(x_1 / D_1)}{P(x_1 / D_2)} \cdot \frac{P(x_2 / D_1)}{P(x_2 / D_2)} < A$$

Для упрощения вычислений отношений правдоподобия формулы (2), (3), представляют в виде логарифмов отношений и тогда условия принятия гипотез записывают следующим образом [10]:

$$\ln(A) = 2,19$$

$$\ln(B) = -2,19$$

Условие продолжения испытаний:

$$-2,19 < \ln\left(\frac{P_i}{P_0}\right) < 2,19 \quad \text{или} \quad -2,19 < \ln(L_i) < 2,19 \quad (4)$$

Если использована вся имеющаяся в распоряжении информация, и ни один из порогов так и не достигнут, то делается заключение, что информации недостаточно для постановки диагноза [11].

Все выбранные нами форсунки имеют какой-либо признак $P(x_i / D_i)$. Поэтому необходимо определить вероятность наступления одного из диагнозов при последовательном появлении каждого из признаков.

Выводы. Основываясь на вероятностно – статистических методах были получены следующие результаты:

- снижение упругости пружины при низкой амплитуде на частоте 49 Гц наступает с вероятностью 0,51.

- высокая амплитуда на частоте 115 Гц взаимосвязана со степенью затяжки пружины топливной форсунки.

Наличие статистики дефектов топливной аппаратуры позволяет использовать вероятностно статистические методы, повышающие достоверность диагностирования.

Список источников

1. Развитие АПК и сельских территорий: проблемы и перспективы: коллектив. монография / А.О. Храменкова, Е.П. Чирков, Т.В. Иванюга, О.Н. Коростелева, Е.М. Подольникова, М.А. Бабьяк, А.В. Кубышкин, О.В. Дьяченко, А.А. Кузьмицкая, Н.А. Тимошенко, О.М. Хохрина, Д.Н. Кирдищева, Л.В. Лебедев, В.И. Репникова, Т.А. Казиминова; под общ. ред. А.О. Храменковой. М.: ООО «Первое экономическое издательство», 2022. 268 с.
2. Биргер И.А. Техническая диагностика. М.: Машиностроение, 1978. 240 с.
3. Кирдищев Д.В. Применение методов Байеса при выявлении дефектов топливной аппаратуры по виброакустическим характеристикам во время работы дизеля // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого: научно-практический журнал. 2021. № 1. С. 92-99.
4. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Методика технического диагностирования топливной аппаратуры дизельных двигателей по виброакустическим спектрам // Модернизация и повышение качества технического обслуживания сельскохозяйственной техники: сб. науч. тр. по материалам нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ярославль, 2021. С. 17-22.
5. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливных форсунок во время работы дизеля // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. С. 95-98.
6. Кирдищев Д.В. Техническое диагностирование топливных форсунок на стендах в ремонтных мастерских // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2020. С. 73-76.
7. Способ определения технического состояния форсунок на работающем двигателе: пат. 2667738 Рос. Федерация: F02M65/00 / Грунтович Н.В., Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУВО "Брянский государственный аграрный университет". – № 2017108026; заявл. 10.3.2017; опубл. 24.9.2018, Бюл. № 27.

8. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Применение метода Байеса при выявлении дефектов топливной аппаратуры дизеля по виброакустическим характеристикам // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: материалы междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. С. 65-69.

9. Кирдищев Д.В. Применение метода последовательного анализа при выявлении дефектов топливной аппаратуры дизеля // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69, № 4 (49). С. 12-17.

10. Вальд А. Последовательный анализ. М.: Государственное изд-во физико-математической литературы, 1960. 328 с.

11. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Применение метода Вальда при выявлении дефектов топливных форсунок дизеля // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. С. 99-105.

Информация об авторах:

Н.В. Грунтович – доктор технических наук, профессор кафедры «Теплоэнергетика и эффективное использование ТЭР», ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ».

Д.В. Кирдищев – старший преподаватель, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Information about the authors:

N.V. Gruntovich - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Thermal Power Engineering and Efficient Use of Thermal Power Plants, GIPK GAZ-INSTITUT.

D.V. Kirdishchev - Senior lecturer, 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 14.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 14.11.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В.

Научная статья
УДК 631.354.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЗЕРНА В СМЕННЫЕ БУНКЕРЫ СОРГОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Алексей Иванович Ряднов, Сергей Викторович Тронеv,
Ренат Вильевич Шарипов, Дмитрий Владимирович Смирнов
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, Волгоградская область, Волгоград, Россия

Аннотация. Описана работа разработанного соргоуборочного комбайна, в котором реализован инерционно-очесный способ обмолота метелочных культур на корню. Данный комбайн оборудован системой автоматической замены заполненного зерном бункера пустым сменным. Заполненный зерном сменный бункер заменяется пустым бункером без остановки комбайна и одновременно с этим спускается на поле для дальнейшей транспортировки роботизированным манипулятором на край поля для выгрузки зерна в транспортное средство или перегружатель зерна. Установка на соргоуборочный комбайн пустых сменных бункеров выполняется на поворотной полосе в конце гона. Подача зерна от молотильно-сепарирующего устройства комбайна в циклон на очистку от пыли и мелких примесей осуществляется вентилятором по трубопроводу всасыванием. Из циклона очищенный ворох зерна поступает в сменный бункер. В статье представлены также результаты оптимизации основных параметров пневматической системы транспортировки зерна зернового сорго: диаметра и высоты цилиндрической части циклона, внутреннего диаметра трубопровода, по которому осуществляется подача зерна в циклон, и подачи воздуха вентилятором. Оптимизация выбранных параметров осуществлялась по плану Рехтшафнера на основе полученных экспериментальных исследований. Критериями оптимизации приняты: качество очищенного вороха обмолоченного зерна и уровень его травмирования системой транспортировки. При решении компромиссной задачи определены оптимальные диапазоны значений диаметра циклона (350 - 360 мм), внутренний диаметр подводящего трубопровода (70 - 71 мм), подача воздуха вентилятором (6,0 - 6,2 м³/ч) и высота цилиндрической части циклона (300 - 310 мм).

Ключевые слова: соргоуборочный комбайн, система транспортировки зерна, зерновое сорго, сменный зерновой бункер, оптимизация.

Для цитирования: Оптимизация параметров системы транспортировки зерна в сменные бункеры соргоуборочного комбайна / А.И. Ряднов, С.В. Тронеv, Р.В. Шарипов, С.В. Смирнов // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 63-68.

Original article

OPTIMIZATION OF GRAIN TRANSPORTATION SYSTEM PARAMETERS INTO REPLACEABLE BUNKERS OF SORGHUM HARVESTER

Alexey I. Ryadnov, Sergey V. Tronev, Renat V. Sharipov, Dmitry V. Smirnov
Volograd State Agrarian University, Volograd region, Volograd, Russia

Abstract. The operation of the developed sorghum harvester, which implements an inertial-combing method for threshing standing panicle crops is described. This harvester is equipped with a system for automatically replacing a grain-filled bunker with an empty replaceable one. The replaceable bunker filled with grain is replaced with the empty bunker without stopping the harvester and at the same time is lowered onto the field for further transportation by a robotic manipulator to the edge of the field for unloading grain into a vehicle or grain loader. The empty replaceable bunkers are installed on the sorghum harvester on the turning lane at the end turn. The grain is fed from the threshing and separating device of the harvester into the cyclone for cleaning from dust and small impurities by a fan through a suction pipeline. From the cyclone, the cleaned heap of grain enters a replaceable bunker. The article also presents the results of optimization of the main parameters of the pneumatic system for transporting sorghum grain: the diameter and height of the cylindrical part of the cyclone, the internal diameter of the pipeline through which the grain is fed to the cyclone, and the air - by the fan. Optimization of the selected parameters was carried out according to Rechtshafner's plan based on the obtained experimental researches. The following optimization criteria were adopted: the quality of the cleaned heap of threshed grain and the level of its injuries caused by the transportation system. When solving a compromise problem, the optimal ranges of cyclone diameter values (350 - 360 mm), internal diameter of the feed pipeline (70 - 71 mm), fan air feed (6.0 - 6.2 m³/h) and the height of the cylindrical part of the cyclone (300 - 310 mm).

Key words: sorghum harvester, grain transportation system, grain sorghum, replaceable grain bunker, optimization.

For citation: A.I. Ryadnov, S.V. Tronev, R.V. Sharipov, D.V. Smirnov. Optimization of grain transportation system parameters into replaceable bunkers of sorghum harvester. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 63-68. (In Russ.).

Введение. В настоящее время к качеству работы системы очистки и транспортировки зерна зерноуборочных комбайнов предъявляются достаточно высокие требования [1, 2]. Если степень очистки зерна зависит от конструктивных особенностей и режимов работы системы очистки комбайна, то дробление зерна зависит также от системы транспортировки зерна от системы очистки в зерновой бункер.

Для транспортировки зерна в современных зерноуборочных комбайнах используют, в основном, скребковые и винтовые транспортеры, подающие зерно, как под наклоном, так и вертикально. У таких транспортеров при увеличении угла наклона их установки существенно снижается их производительность [3], у винтовых транспортеров растет также и энергоемкость при увеличении частоты вращения шнека [4], а у скребковых - высокое травмирование зерна [5]. В связи с этим, следует совершенствовать систему транспортировки зерна, которая обеспечивает максимально возможную производительность и минимальное травмирование зерна [6, 7].

При уборке зерновых культур комбайнами с классической молотильно-сепарирующим устройством дробление зерна превышает агротехнические требования не только для семенного, но также и для продовольственного зерна (2 %). Более качественно (с точки зрения дробления зерна) обмолачивают зерновые культуры комбайны, оборудованные роторно-молотильными сепарирующими устройствами [8].

При транспортировке зерна и других сельскохозяйственных грузов нашли применение также пневматические транспортеры, которые по сравнению с винтовыми имеют ряд преимуществ: более высокую надежность при эксплуатации, малые габариты, изоляцию зерна от окружающей среды и другие.

В связи с этим, для успешного решения проблемы повышения качества обмолоченного зерна необходимо разрабатывать и внедрять в производство новые технологические схемы очистки и транспортировки обмолоченного зерна в бункер комбайна и использовать в конструкции вновь разрабатываемых комбайнов адаптированные к условиям работы системы очистки и транспортировки зерна, с оптимизированными геометрическими и кинематическими параметрами. При этом разрабатываемые системы должны обеспечивать требуемую производительность с допустимым уровнем травмирования зерна и осуществлять предварительную очистку зерна от легких примесей и пыли.

Материалы и методы. Анализ научных исследований показал, что применительно к разрабатываемому в Волгоградском ГАУ соргоуборочному комбайну, осуществляемому обмолот, в частности, зернового сорго на корню молотильно-сепарирующим устройством инерционно-очесного типа с дальнейшим срезом растений сорго жаткой комбайна, измельчением их и разбрасыванием по полю [9], следует использовать для транспортировки зерна от молотильно-сепарирующего устройства в сменный бункер пневматическую систему. Необходимо отметить, что у экспериментального соргоуборочного комбайна нет системы очистки обмолоченного зерна. Предварительная очистка осуществляется молотильно-сепарирующим устройством.

В научной литературе представлены некоторые разработки пневматических систем. В частности, в работе [10] предложена конструктивная схема пневмотранспортера зерна для зерносушилки, теоретически рассчитан ряд конструктивных и режимных параметров, в том числе длина трубопровода и его внутренний диаметр, расход воздуха.

Нами применительно к соргоуборочному комбайну также разработана пневматическая система транспортировки зерна [11].

На основе разработок [9, 11] изготовлен экспериментальный соргоуборочный комбайн с системой транспортировки обмолоченного зерна в сменный бункер. Схема экспериментального соргоуборочного комбайна представлена на рисунке 1.

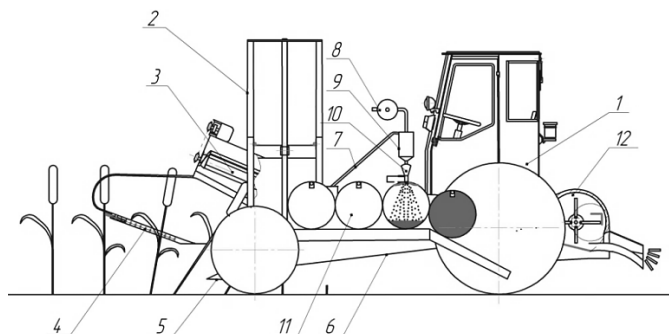


Рисунок 1 – Схема навесного соргоуборочного комбайна со сменными зерновыми бункерами и пневматической системой транспортировки зерна

Соргоуборочный комбайн работает следующим образом. Растения зернового сорго направляются нормализатором 4 в прямоточную выносную молотильную камеру 3, в которой инерционно-очесным способом обмолачиваются метелки сорго и обмолоченное зерно предварительно очищается. Затем обмолоченные растения срезаются жаткой 5 и транспортером 6 подаются к измельчителю 12,

который измельчает их и разбрасывает по полю. Обмолоченное зерно вентилятором 8 всасывается по трубопроводу 7 в циклон 9, в котором оно дополнительно очищается от пыли и мелких примесей. Очищенное зерно, минуя компенсатор 10, поступает в сменный бункер 11. При заполнении зерном сменного бункера перекрывается поступление зерна в бункер системой автоматического перекрытия подачи зерна в сменный бункер 11. В этот момент автоматически закрывается входное отверстие сменного бункера, а обмолочиваемое зерно накапливается в компенсаторе 10. Заполненный зерном сменный бункер 11 сбрасывается на поле, а пустой сменный бункер подается под компенсатор 10. После этого открывается проход зерна в установленный сменный бункер. Замена сменных бункеров осуществляется без остановки комбайна. Заполненные сменные бункеры собираются с поля роботизированным подборщиком и отправляются на выгрузку зерна из них в транспортное средство или перегружатель зерна, которые располагаются на краю поля. Установка пустых сменных бункеров на соргоуборочный комбайн осуществляется в конце рабочего гона.

Для обеспечения высокого качества очистки обмолоченного зерна и низкого уровня его травмирования необходимо чтобы основные конструктивные параметры системы транспортировки зерна от молотильно-сепарирующего устройства в сменный бункер были оптимальными.

Результаты и их обсуждение. Исследованиями экспериментального соргоуборочного комбайна на уборке зернового сорго сорта «Премьера» на опытном поле УМПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ выявлено, что наибольшее влияние на качество очищенного вороха обмолоченного зерна (Y_1 , %) и уровень его травмирования (Y_2 , %) системой транспортировки обмолоченного зерна в сменный бункер, выбранные нами за критерии оптимизации, оказывают: диаметр и высота цилиндрической части циклона 9, внутренний диаметр подводящего трубопровода 7, подача воздуха вентилятором 8.

Следует отметить, что дробления зерна сорго не зафиксировано. В связи с этим, травмирование зерна оценивалось его макро-и микротравмированием.

Для выбранных оптимизируемых параметров назначены уровни и интервалы их варьирования (табл. 1).

Таблица 1 - Оптимизируемые параметры системы транспортировки зерна в сменные бункеры соргоуборочного комбайна, их уровни и интервалы варьирования

Оптимизируемые параметры	Уровни параметров			Интервал варьирования, ε
	0	-1	+1	
x_1 – диаметр циклона, мм	350	250	450	100
x_2 – внутренний диаметр подводящего трубопровода, мм	70	60	80	10
x_3 – подача воздуха вентилятором, м ³ /ч	6	4	8	5
x_4 – высота цилиндрической части циклона, мм	300	200	400	100

Определение области оптимума выполнялось по плану Рехтшафнера для 4-х факторного эксперимента по программе, предложенной авторами работы [12], которая позволила рассчитать коэффициенты B_0 , B_i , B_{ij} и B_{ii} уравнения регрессии:

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

После оценки значимости коэффициентов уравнения (1) с использованием критерия Стьюдента [13], удаления незначимых коэффициентов и перерасчета коэффициентов, получены уравнения регрессии в кодированном виде:

$$Y_1 = 91,1 + 5,0x_1 + 4,2x_2 + 5,8x_3 + 3,3x_4 + 1,3x_1x_2 + 1,6x_1x_3 + 0,8x_1x_4 + 1,3x_2x_3 + 0,9x_2x_4 + 1,6x_3x_4 - 4,8x_1^2 - 3,7x_2^2 - 5,1x_3^2 - 3,7x_4^2, \quad (2)$$

$$Y_2 = 4,72 + 0,64x_1 + 0,16x_2 + 1,2x_3 + 0,88x_4 - 0,63x_1x_2 - 0,32x_1x_3 - 0,26x_1x_4 - 0,18x_2x_3 - 0,27x_2x_4 - 0,23x_3x_4 - 0,92x_1^2 - 0,64x_2^2 - 1,05x_3^2 - 0,79x_4^2. \quad (3)$$

Полученная математическая модель (2) проверялась на адекватность с использованием критерия Фишера [13]:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S^2(y)}, \quad (4)$$

где $S^2(y) = \sum_1^N \sum_1^n (y_{iq} - \bar{y}_i)^2 / (N(n-1))$ – дисперсия ошибки опыта; $S_{ад}^2 = n \sum_1^N (y_i - \bar{y}_i)^2 / (N - [k - 1])$ – дисперсия неадекватности модели, здесь: y_i – случайная величина; y_i – среднеарифметическое значение случайной величины; y_{iq} – значение i -ой величины в q -ом опыте; n – число повторностей опыта; N – число строк матрицы плана; k – число параметров.

Получено, что критерий Фишера при исследовании качества очищенного вороха обмолоченного зерна $F_{Y_1} = 1,1712$ и травмирования зерна $F_{Y_2} = 1,3037$. Во всех случаях $F_{0,05} > F$ (здесь

$F_{0,05}=2,1646$ – табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 5% [13]). Таким образом, математические модели адекватны результатам эксперимента.

По программе [12] определены оптимальные значения параметров (табл. 2).

Таблица 2 – Оптимальные значения параметров

Параметр оптимизации	Критерий оптимизации	
	качество очищенного вороха обмолоченного зерна Y_1	травмирование зерна Y_2
x_1	0,93 / 443	- 0,94 / 256
x_2	0,94 / 79,4	- 0,98 / 60,2
x_3	0,93 / 7,86	- 0,94 / 4,12
x_4	0,93 / 393	- 0,97 / 203

Примечание: в числителе – в кодированном виде, в знаменателе – в раскодированном виде.

Для анализа и систематизации полученные математические модели второго порядка привели к типовой канонической форме вида:

$$Y - Y_s = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + \dots + B_{kk}X_k^2 \tag{5}$$

где Y – значение критерия оптимизации; Y_s – значение критерия оптимизации в оптимальной точке; X_1, X_2, \dots, X_k – новые оси координат, повернутые относительно старых x_1, x_2, \dots, x_k ; $B_{11}, B_{22}, \dots, B_{kk}$ – коэффициенты регрессии в канонической форме.

В результате расчетов, проведенных на ЭВМ, получены коэффициенты регрессии в канонической форме $B_{11}, B_{22}, B_{33}, B_{44}$ и значения критерия оптимизации в оптимальной точке Y_s .

Уравнения регрессии (2) и (3) в канонической форме имеют вид:

$$Y_1 - 99,6 = -5,0X_1^2 - 2,4X_2^2 - 5,8X_3^2 - 4,1X_4^2, \tag{6}$$

$$Y_2 - 3,35 = 1,18X_1^2 + 0,3X_2^2 + 1,06X_3^2 + 0,84X_4^2. \tag{7}$$

В связи с тем, что в уравнении (2) все коэффициенты при квадратных членах отрицательны, то поверхность откликов, описанное уравнением (2), представляет четырехмерный параболоид с координатами центра поверхности в оптимальных значениях параметров.

Так как все коэффициенты при квадратных членах в уравнении (3) имеют положительные знаки, то поверхность отклика, описанное этим уравнением, также представляет четырехмерный параболоид с координатами центра поверхности в оптимальных значениях факторов.

Оптимальные значения исследуемых параметров определены решением компромиссной задачи с использованием двумерных сечений, представленных на рисунке 2.

При этом решали компромиссную задачу, в которой требовалось найти значения параметров, дающих качество очищенного вороха зерна $Y_1 \geq 90\%$ и травмирование зерна $Y_2 \leq 5\%$.

Были построены двумерные сечения поверхностей отклика по уравнениям регрессии для различных сочетаний пар оптимизируемых факторов. Пример одного такого двумерного сечения представлен на рисунке 2.

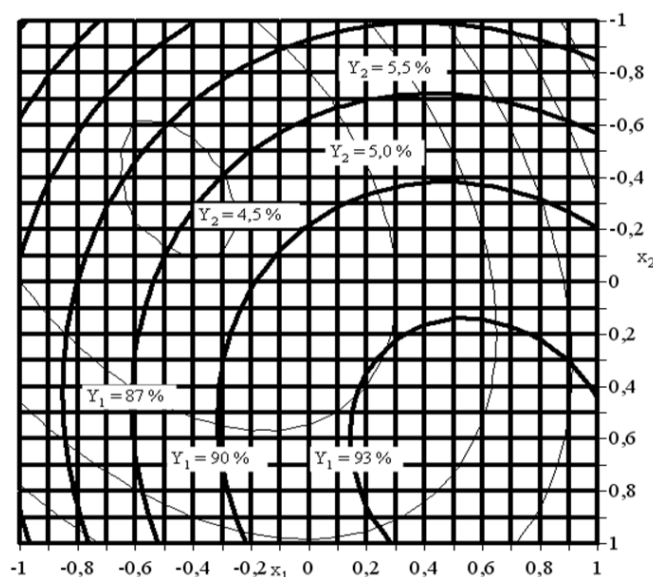


Рисунок 2 – Двумерное сечение для изучения влияния параметров x_1 и x_2 при $x_3 = 0$ и $x_4 = 0$ на качество очищенного зерна Y_1 и повреждение зерна Y_2

При рассмотрении двумерных сечений поверхностей отклика по уравнениям регрессии относительно исследуемых параметров:

– x_1 и x_2 , факторы x_3 и x_4 фиксировались на уровнях: $x_3 = 0$ и $x_4 = 0$ (рис. 2). В соответствии с рис. 2 можно рекомендовать следующий диапазон оптимальных значений параметров: $x_1 = -0,1 \dots +0,1$ и $x_2 = -0,1 \dots +0,1$;

– x_1 и x_3 , факторы x_2 и x_4 фиксировались на уровнях: $x_2 = 0$ и $x_4 = 0$. Рекомендован следующий диапазон оптимальных значений параметров: $x_1 = -0,1 \dots +0,1$ и $x_3 = -0,1 \dots +0,1$;

– x_1 и x_4 , факторы x_2 и x_3 фиксировались на уровнях: $x_2 = 0$ и $x_3 = 0$. Рекомендован следующий диапазон оптимальных значений параметров: $x_1 = -0,1 \dots +0,1$ и $x_4 = -0,1 \dots +0,1$;

– x_2 и x_3 , факторы x_1 и x_4 фиксировались на уровнях: $x_1 = 0$ и $x_4 = 0$. Рекомендован следующий диапазон оптимальных значений параметров: $x_2 = -0,1 \dots +0,1$ и $x_3 = -0,1 \dots +0,1$;

– x_2 и x_4 , факторы x_1 и x_3 фиксировались на уровнях: $x_1 = 0$ и $x_3 = 0$. Рекомендован следующий диапазон оптимальных значений параметров: $x_2 = -0,1 \dots +0,1$ и $x_4 = -0,1 \dots +0,1$;

– x_3 и x_4 , факторы x_1 и x_2 фиксировались на уровнях: $x_1 = 0$ и $x_2 = 0$. Рекомендован следующий диапазон оптимальных значений параметров: $x_3 = -0,1 \dots +0,1$ и $x_4 = -0,1 \dots +0,1$.

Так как при построении двумерное сечение параметры фиксировались на уровнях: $x_1 = 0$, $x_2 = 0$, $x_3 = 0$ и $x_4 = 0$, то для обеспечения качества очищенного зерна $Y_1 \geq 90$ % необходимо иметь следующие оптимальные значения параметров: $x_1 = 0 \dots 0,1$ (350...360 мм), $x_2 = 0 \dots 0,1$ (70...71 мм), $x_3 = 0 \dots 0,1$ (6,0...6,2 м³/ч) и $x_4 = 0 \dots 0,1$ (300...310 мм). При этом травмирование зерна составит $Y_2 \leq 5$ %.

Таким образом, проведена оптимизация выбранных параметров системы транспортировки зерна в сменные бункеры соргоуборочного комбайна.

Выводы. Оптимизация конструктивных параметров системы транспортировки зерна в сменные бункеры соргоуборочного комбайна осуществлялась по плану Рехтшафнера. По критериям оптимизации – качеству очищенного вороха обмолоченного зерна и уровню его травмирования определены оптимальные диапазоны значений диаметра циклона (350 - 360 мм), внутренний диаметр подводящего трубопровода (70 - 71 мм), подача воздуха вентилятором (6,0 - 6,2 м³/ч) и высота цилиндрической части циклона (300 - 310 мм).

Список источников

1. Миренков В.В., Хиженок В.Ф. Анализ работы турбинного вентилятора очистки зерноуборочного комбайна и оптимизация качественной характеристики воздушного потока // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2012. № 4. С. 11-19.
2. Халилов З.Ш. Совершенствование системы очистки зерноуборочного комбайна при уборке зерновых на склонах // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. № 6 (99). – Режим доступа: URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13989> (дата обращения: 06.01.2024).
3. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры. М.: Машиностроение, 1972. 184 с.
4. Нестеров С.А. Повышение эффективности вертикального пневмовинтового конвейера для зерна обоснованием конструктивно-технологических параметров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства. Волгоград, 2010. 21 с.
5. Московский М.Н., Адамян Г.А., Тихонов К.М. Оценка влияния шнековых рабочих органов транспортирующих устройств на показатели качества семенных материалов // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2015. № 4. – Режим доступа: URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_75_Moskovskiy_Adamyan.pdf_d62fb37d7.pdf (дата обращения: 06.01.2024).
6. Пути снижения травмирования зернового материала ковшовыми элеваторами в зерноочистительных агрегатах типа ЗАВ / В.И. Пахомов, А.А. Бойко, Д.С. Подлесный и др. // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса «ДГТУ-ПРИНТ». Ростов н/Д, 2020. С. 554-558.
7. Купреенко А.И., Комогорцев В.Ф. Анализ рабочего процесса шнекового транспортёра-распределителя // 21 век: фундаментальная наука и технологии: материалы XVI междунар. науч.-практ. конф., 25–26 июня 2018 г. North Charleston, USA. С. 80–81.
8. Маслов Г.Г., Ткаченко В.Т. Проблемы повышения качества механизированных работ // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2015. № 107. С. 318-332.
9. Комбайн для уборки зернового сорго: пат. 2749458 Рос. Федерация / Ряднов А.И., Федорова О.А., Павловский Д.С., Смирнов Д.В. - №2020137020; заявл. 10.11.2020; опубли. 11.06.2021, Бюл. №17. 3 с.
10. Панова Т.В., Панов М.В. Определение конструктивно-режимных параметров пневмотранспортёра для зерносушилки // Известия Оренбургского ГАУ. 2021. № 2 (88). С. 106-109.
11. Ряднов А.И. Обоснование конструктивно-технологической схемы пневмотранспортера зерна соргоуборочного комбайна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2014. № 3 (35). С. 200-205.
12. Дегтярев Ю.П., Филатов А.И. Регрессионный анализ на ПЭВМ // Повышение надежности и эффективности использования сельскохозяйственной техники: сб. науч. тр. Волгоградского СХИ. Волгоград, 1992. С. 128-131.
13. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: «Наука», 1971. 192 с.

Информация об авторах:

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

С.В. Тронеv – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, stronev@mail.ru.

Р.В. Шарипов – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, renat_sharipov@mail.ru.

Д.В. Смирнов – аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, mitai.de@outlook.com.

Information about the authors:

A.I. Ryadnov – Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University, honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor, alex.rjadnov@mail.ru.

S.V. Tronev – Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University, Doctor of Technical Sciences, associate Professor, stronev@mail.ru.

R.V. Sharipov – Associate Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University, Candidate of Technical Sciences, associate Professor, renat_sharipov@mail.ru.

D.V. Smirnov – postgraduate student of the Department "Operation and Technical Service of machines in the Agro-industrial Complex" Volgograd State Agrarian University, mitai.de@outlook.com.

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

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

Статья поступила в редакцию 09.01.2024; одобрена после рецензирования 26.01.2024, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 09.01.2024; approved after reviewing 26.01.2024; accepted for publication 31.01.2024.

© Ряднов А.И., Тронеv С.В., Шарипов Р.В., Смирнов Д.В.

Научная статья
УДК 621.431

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ НАНЕСЕНИЯ МЯГКИХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА

Александр Михайлович Михальченков, Галина Владимировна Орехова,
Владимир Иванович Самусенко
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Повышение качества поверхностей трения неразрывно связано с таким методом как, финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО). Этот метод известен достаточно давно, а значит, отработан в широком диапазоне деталей различного назначения. Особое место ФАБО занимает в случае улучшения ряда показателей контактирующих поверхностей при поступательном перемещении по ним истирающих элементов. Прежде всего, в информационном пространстве и на практике рассматривались методы и устройства ФАБО для увеличения ресурса гильз цилиндров. В то же время, значимое критическое рассмотрение отсутствует, и поэтому отсутствуют обоснованные рекомендации по совершенствованию способа. В связи с этим, целью работы стало рассмотрение ряда вопросов, связанных с нанесением мягких покрытий на рабочие поверхности гильз цилиндров. Методической основой работы явились: накопленный опыт в области ФАБО; известные исследования; сравнительный анализ. Рассмотрены и проанализированы основные работы по созданию и совершенствованию методов и конструкций нанесения мягких покрытий на зеркало гильз цилиндров, обеспечивающие существенное повышение его качества и соответственно ресурса. На основании этого предложены условия, направленные на совершенствование известных методов, при соблюдении которых можно значительно повысить качество покрытий при снижении технологической и конструктивной сложности процесса.

Ключевые слова: ФАБО, качество поверхности, мягкие покрытия, гильзы цилиндров, способы натирания, критический анализ.

Для цитирования. Михальченков А.М., Орехова Г.В., Самусенко В.И. Некоторые вопросы нанесения мягких покрытий на рабочие поверхности гильз цилиндров для обеспечения их качества // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 69-73.

Original article

SOME ISSUES OF APPLYING SOFT COATINGS TO THE WORKING SURFACES OF CYLINDER LINERS TO ENSURE THEIR QUALITY

Alexandr M. Mikhal'chenkov, Galina V. Orekhova, Vladimir I. Samusenko
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. Improving the quality of friction surfaces is inextricably linked with such a method as finishing antifrictional non-abrasive treatment (FANAT). This method has been known for a long time, which means it has been worked out in a wide range of parts for various purposes. FANAT occupies a special place in the case of improvement the number of indicators contacting surfaces with the progressive movement of abrasive elements along them. First of all, in the information space and in practice, FANAT methods and devices were considered to increase the life of cylinder liners. At the same time, there is no significant critical consideration, and therefore there are no reasonable recommendations for improving the method. In this regard, the purpose of the work was to consider a number of issues related to the application of soft coatings on the working surfaces of cylinder liners. The methodical basis of the work was: accumulated experience in the field of FANAT; well-known researches; comparative analysis. The main works on the creation and improvement of methods and designs for applying soft coatings to the grain of cylinder liners, providing a significant increase in its quality and resource, are considered and analyzed. Based on this conditions have been proposed aimed at improving known methods, which, which it is possible to significantly improve the quality of coatings while reducing the technological and constructive complexity of the process.

Keywords: FANAT, surface quality, soft coatings, cylinder liners, friction methods, critical analysis.

For citation: A.M. Mikhal'chenkov, G.V. Orekhova, V.I. Samusenko. Some issues of applying soft coatings to the working surfaces of cylinder liners to ensure their quality. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 69-73 (In Russ.)

Введение. Многочисленные исследования в области повышения качества контактирующих поверхностей путем натирания на них мягких металлов и сплавов показали достаточно высокую эффективность данного метода в повышении триботехнических показателей трущихся деталей [1, 2]. К настоящему времени разработано достаточно большое количество способов, устройств и материалов, обеспечивающих получение покрытий с заданными заранее показателями. Особое место в этом случае занимает финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО), механизм и технологии которой подробно рассматривается в ряде исследований [3, 4]. В то же время, дальнейшее развитие и совершенствование технологий повышения антифрикционных свойств трущихся поверхностей требует проведения критического анализа существующих методик и способов получения соответствующих покрытий. При этом следует разработать общие рекомендации по повышению технологичности ФАБО и обеспечению высоких качественных показателей поверхностей с нанесенными антифрикционными пленками. Прежде всего, авторы сочли целесообразным обратить свое внимание на анализ устройств и способов для проведения

ФАБО гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, а так же на улучшение триботехнических показателей их рабочих поверхностей.

Цель исследования. Критическое рассмотрение сведений о фрикционном натирании мягких металлов и сплавов на рабочие поверхности гильз цилиндров и выработка общих рекомендаций по совершенствованию метода и улучшению качества поверхности.

Раскрытие цели. В работе [5] рассмотрен способ улучшения качества обработки гильз цилиндров, путем нанесения антифрикционных слоев достаточной толщины хорошо удерживающихся на их рабочей поверхности. В этом случае твердые фрикционные бруски, разравнивают антифрикционные и противозадирные вещества по зеркалу гильзы, образуя тонкий, прочно связанный с ней слой и способствуя заполнению рисок. Авторы [5] полагают, реализация технологии сопровождается нагревом гильзы, способствуя увеличению адгезии противозадирных элементов. Фрикционные бруски изготавливаются из: чугунов; металлокерамики с минеральными и волокнистыми наполнителями; полимерных композитов с дисперсными и волокнистыми наполнителями. Их твердость должна быть в 1,5 раза выше твердости антифрикционных брусков. Изготовление фрикционных брусков из чугунов, металлокерамики, полимеров, полимерных композитов, скорее всего, окажет отрицательное воздействие на полученное мягкое покрытие, которое будет выражаться в его удалении с рабочей поверхности гильзы из-за разности твердостей.

Для повышения качества рабочей поверхности гильзы цилиндров, в [6], предлагается формировать многослойное покрытие, исключая его служебных свойств в период эксплуатации двигателя. Антифрикционными брусками на рабочую поверхность натирают, материал, который заполняет микровпадины, обеспечивая формирование антифрикционного покрытия (АП), содержащего мягкие металлы (например, меди). После этого наносят полимерное пленкообразующее вещество для закрепления АП на зеркале гильзы за счет образования водомаслостойкой полимерной пленки. Предлагаемая технология обеспечивает формирование на рабочей поверхности гильзы многослойного водомаслостойкого покрытия, обладающего улучшенными антифрикционными свойствами. К сожалению, авторы не раскрывают уровень влияния полимерной пленки на стойкость к изнашиванию покрытия при относительно высоких температурах рабочей детали, которые имеют место при работе двигателя внутреннего сгорания.

Задача повышения износостойкости гильз цилиндров решается применением финишной обработки внутренних поверхностей заготовок пневмовибродинамическим методом (ПВДМ) [7]. В этом случае перед проведением ПВДМ производят черновое и получистовое хонингование. Затем обработка внутренней поверхности гильзы осуществляют стальными шарами с получением шероховатости $Ra \leq 0,5$ мкм, средней глубины впадин $R_{vk} \leq 1$ мкм. Применение ПВДМ позволяет устранить задиры и другие дефекты поверхности детали и позволяет избежать операции чистового хонингования. В результате обработки по предлагаемому способу обеспечивается повышение износостойкости в 1,5-1,7 раза, при устранении задиров. Безусловно, наложение вибраций при натирании мягких пленок обеспечит повышенное качество покрытия. Однако чрезмерная сложность устройства и технологических операций не позволяет рекомендовать данный метод к широкому внедрению.

Согласно исследованиям [8] для обеспечения высокого качества поверхностей трения и снижения темпа их изнашивания перед применением финишной антифрикционной безабразивной обработки необходимо провести ряд операций: 1 - электрохимическое хонингование; 2 – упрочнение поверхностного слоя пластическим деформированием накатниками. При окончательной обработке антифрикционными брусками предложена технологическая смесь, %: хлорид меди – 0,625 – 2,5; ортофосфорная кислота – 0,125 – 0,5; формалин – 1,3 – 0,5; вода – остальное. Сложность технологического процесса снижает возможности метода при его реализации непосредственно в производственных условиях.

Повышение ресурса гильз цилиндров автотракторных двигателей может быть достигнуто применением разработанного в [9] приспособления для нанесения антифрикционного слоя на поверхность трения (рис. 1). Оно содержит: натирающий элемент 1 в форме цельного цилиндра с фасками по торцам; поршень 2; корпус 3, выполненный в виде цилиндра. На внутренней стороне корпуса с одного края имеется дно с отверстием под ступень поршня 2, с другого - внутренняя резьба на длину упора 5, выполненного с наружной резьбой и поперечной канавкой на торце с внешней стороны, а также пружина 4, находящаяся между поршнем 2 и упором 5.

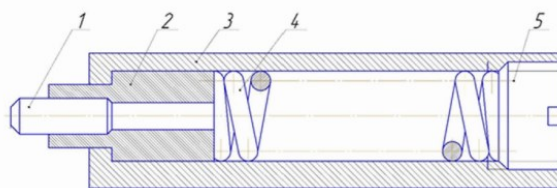
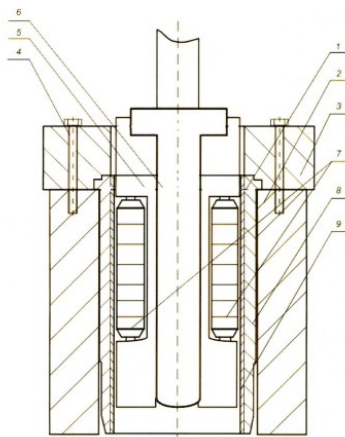


Рисунок 1 - Приспособление для проведения ФАБО гильз цилиндров

Предлагаемое приспособление обеспечивает постоянное усилие прижатия натирающего элемента, изготовленного из мягких металлов или сплавов, к поверхности гильзы цилиндров за один рабочий проход. Применение такого устройства в единственном экземпляре при натирании внутренних поверхностей вряд ли целесообразно. Особенно это важно при создании мягких покрытий на зеркале гильзы цилиндров вследствие «замазывания» торца натирающего элемента из-за наличия в структуре чугуна графита. Поэтому в этом случае следует использовать одновременно несколько натирающих головок, что позволит избежать снижения качества антифрикционного покрытия.

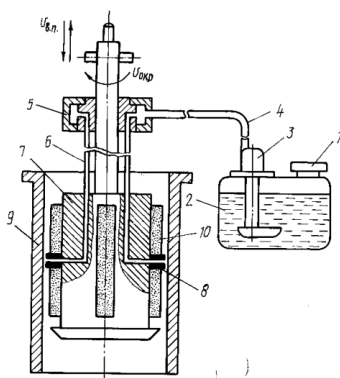
Положительные результаты по росту ресурса гильз цилиндров показал способ [10] заключающийся в нанесении антифрикционного покрытия методом натирания слоя латуни толщиной 0,02-0,03 мм. Натирание производится вращающимися и поступательно перемещающимися латунными роликами, установленными на оправке (рис. 2). Ролики смачиваются технологическим раствором, состоящим из смеси глицерина с хлоридами металлов. Существенным недостатком способа является чрезмерно большое количество операций: токарная обработка; закаливание рабочей поверхности токами высокой частоты; финишная обработка на хонинговальном станке; нанесение антифрикционного покрытия.



1 - гильза цилиндров; 2 - оправка; 3 - верхний фиксатор; 4 - болты; 5 - шпindelь;
6 - головка для латунирования; 7 - латунные ролики; 8 - чугунные стенки гильзы цилиндров;
9 - слой латуни

Рисунок 2 - Общий вид устройства для нанесения антифрикционного покрытия на стенки гильзы цилиндров

Улучшить качество поверхности гильз цилиндров при проведении ФАБО, по мнению [11] можно произвести дозированной подачей технологической смеси в зону обработки через каналы и сопла в корпусе хонинговальной головки с антифрикционными брусками. Процесс нанесения покрытия осуществляется при возвратно-поступательном и вращательном перемещении головки. Устройство для реализации способа показано на рисунке 3. Недостатком такого приспособления и соответственно способа нанесения покрытия, несомненно, является сложность оборудования и применение технологической жидкости подаваемой в зону натирания под давлением. В этом случае будут нарушаться экологические нормативы. Кроме того большая площадь натирания приведет к быстрому «замазыванию» брусков. В связи с этим такой метод фактически не получил широкого распространения.



1 – заливная горловина; 2 – технологическая жидкость; 3 – электронасос; 4 – трубопровод; 5 – коллектор;
6 – трубопровод; 7 – корпус; 8 – сопло; 9 – гильза цилиндров; 10 – хонинговальные головки

Рисунок 3 – Схема реализации способа

Увеличение качества рабочей поверхности и производительности технологического процесса при нанесении антифрикционных покрытий на цилиндрические детали в работе [12] решается за счет специальной конструкции дорна, которая совмещает операции: резания; нанесения антифрикционных покрытий из мягких металлов; поверхностного пластического деформирования. По мнению разработчиков, применение пластического деформирования после проведения ФАБО позволит снизить шероховатость и заполнить пространства на поверхности гильзы не охваченные мягким металлом. Так как толщина натираемой пленки не превышает пяти микрон, вряд ли присутствие поверхностного пластического деформирования окажет значимое влияние на качество поверхности трения. Более того, не исключена возможность удаления уже полученного покрытия.

Устройство для фрикционно-механического нанесения покрытий, предложенное в [13], хотя и обеспечивает получение поверхности с высоким качеством нанесенного антифрикционного покрытия, отличается высокой сложностью конструкции, содержащей большое количество деталей и узлов. В связи с этим приспособление отличается низкой надежностью и не может быть рекомендовано к промышленному внедрению.

Применение изобретения [14] обеспечивает повышение противозадирных свойств зеркала цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Предлагаемый способ (рисунок 4) позволяет с помощью деформирующих элементов 2 уплотнять в микровпадинах поверхности антифрикционных материалов брусков 1 по мере их нанесения. Кроме того конструктивные элементы 2 обеспечивают деформирование покрытий, что приводит к изменению геометрии вершин микронеровностей. Соответственно их формоизменение уменьшает ширину впадин, создавая условия для защемления и удержания от «вырывания» и вымывания в них антифрикционных материалов бруска. Ранее отмечалось, что поверхностное пластическое деформирование по полученной ФАБО пленке не исключает получение отрицательного результата в виде удаления образованного покрытия. Аналогичная ситуация имеет место и в данном случае.

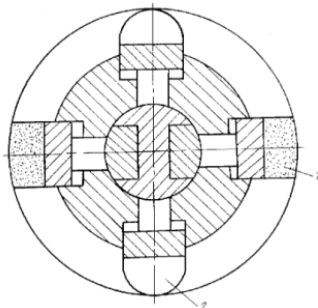


Рисунок 4 – Схема устройства для нанесения антифрикционного покрытия с последующим его деформированием

Повышения износостойкости внутренних цилиндрических поверхностей, работающих в условиях граничного трения согласно работе [15] может быть достигнуто следующим образом. Сначала на рабочую поверхность детали наносят среду (галлий), а инструмент из сплава меди дополнительно перемещают в плоскости, параллельной ее оси, под действием ультразвуковых колебаний частотой 14 - 16 кГц и амплитудой 30 - 45 мкм. При этом формирование основного фрикционного покрытия происходит при одновременном плавлении материала среды в зоне контакта и нанесения вместе со сплавом меди на обрабатываемую поверхность. В результате обеспечивается повышение износостойкости сопряжения, производительности процесса нанесения, адгезионной прочности наносимого покрытия. Реализация процесса будет отличаться чрезмерной дороговизной (галлий очень дорогой материал) и технологической сложностью (необходимость создание ультразвуковых колебаний заданной частоты и амплитуды), поэтому метод применим к конкретным уникальным изделиям.

Критическое рассмотрение существующих методов и устройств для проведения ФАБО позволило определить следующие существенные недостатки, являющиеся характерными. Первое – в большинстве случаев осуществление технологического процесса натирания не рационально в виду сложности технологий и устройств. Второе – использование натирающих головок с большими площадями контактирования нельзя считать приемлемым вследствие их быстрого «замазывания» графитовыми включениями. Третье – не редко в методах присутствуют операции различного функционального назначения (например, хонингование, поверхностное пластическое деформирование, применение поверхностно активных веществ и непосредственно натирание).

Заключение. При разработке новых методов получения антифрикционных покрытий из мягких металлов и совершенствования известных, рекомендуется соблюдать следующие условия:

1. Не высокая технологическая сложность процесса.

2. Использование одновременно нескольких натирающих головок с малой площадью контакта в системе «рабочая поверхность – натирающий материал».
3. Минимизировать количество операций резко отличающихся по своей функциональности.

Список источников

1. Королев А.В., Королев А.А., Бондарева А.С. Влияние режима нанесения антифрикционного покрытия на толщину покрытия поверхности детали // Упрочняющие технологии и покрытия. 2023. Т. 19, № 8 (224). С. 349-352.
2. Злотников И.И., Шаповалов В.М. Повышение антифрикционных свойств керамических покрытий, полученных методом МДО на алюминиевых сплавах // Трение и износ. 2019. Т. 40, № 5. С. 468-472.
3. Гаркунов Д.Н. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) поверхностей трения деталей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2009. № 7. С. 12-14.
4. Ипатов А.Г., Шмыков С.Н. Синтез антифрикционных покрытий методом ФАБО // Технический сервис машин. 2021. № 1 (142). С. 140-147.
5. Способ придания поверхности металлов противозадирных свойств: пат. 1181852 Рос. Федерация: А2 / Сафронов В.Г., Львов В.Н., Кошелев А.Г.; опубл. 30.09.1985.
6. Способ финишной обработки гильз цилиндров двигателей: пат. 1313654 Рос. Федерация: А1 / Чеповецкий И.Х., Павлиский В.М., Ющенко С.А.; опубл. 30.05.1987.
7. Способ нанесения антифрикционного покрытия при поверхностном пластическом деформировании внутренних цилиндрических поверхностей: пат. 2185270 Рос. Федерация: С2 / Сорокин В.М., Тудакова Н.М., Берглезов В.В., Антропов С.П.; опубл. 20.07.2002.
8. Способ обработки гильз цилиндров с накатыванием поверхности перед финишной антифрикционной безабразивной обработкой (ФАБО): пат. 2110391 Рос. Федерация: С1 / Карпенков В.Ф.; опубл. 10.05.1998.
9. Приспособление для финишной безабразивной антифрикционной обработки гильз цилиндров автомобилей и тракторов: пат. 2782487 Рос. Федерация: С1 / Артамонов Е.И., Котов Д.Н., Артамонова О.А., Шарымов О.В., Дикуша И.А.; опубл. 28.10.2022.
10. Способ обработки гильзы блока цилиндров с созданием антифрикционного покрытия: пат. 2570683 Рос. Федерация: С2 / Якубович И.А., Якубович А.Н., Кулаков А.Т., Малаховецкий А.А., Макушин А.А., Малаховецкая А.Н., Лужбин Д.С.; опубл. 10.12.2015.
11. Способ нанесения антифрикционного покрытия при антифрикционной безабразивной обработке гильз цилиндров: пат. 2064975 Рос. Федерация: С1 / Паршин И.П., Стрельцов В.В., Носихин П.И., Байкалов В.Н.; опубл. 10.08.1996.
12. Комбинированный инструмент для обработки внутренних цилиндрических поверхностей: пат. 12807 Рос. Федерация: У1 / Тудакова Н.М., Сорокин В.М.; опубл. 02.10.2000.
13. Устройство для фрикционно-механического нанесения покрытий: пат. 2061792 Рос. Федерация: С1 / Пронин Г.М., Колчаев А.М., Меньшиков М.В., Евсеев А.Г., Демиденков С.А.; опубл. 10.06.1996.
14. Способ финишной обработки гильз и цилиндров двигателей: пат. 1329949 Рос. Федерация: А1 / Чеповецкий И.Х., Павлиский В.М., Ющенко С.А., Стрижаков В.Л., Карпович Н.С., Огородник В.В.; опубл. 15.08.1987.
15. Способ фрикционно-механического нанесения антифрикционного покрытия: пат. 2157860 Рос. Федерация: С2 / Колчаев А.М., Трунин Е.Б.; опубл. 20.10.2000.

Информация об авторах:

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

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

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

Information about the authors:

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

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

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

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 26.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 26.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Михальченков А.М., Орехова Г.В., Самусенко В.И.

Научная статья
УДК 621.313.13

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ, НА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ 10/0,4 кВ

Антон Михайлович Никитин, Дмитрий Александрович Безик, Александр Николаевич Васькин
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. В статье рассмотрено влияния коэффициента реактивной мощности в зависимости от коэффициента загрузки асинхронных электродвигателей в распределительных сетях напряжением 10/0,4 кВ. Конфигурация распределительных сетей напряжением 10/0,4 кВ, большинство из которых построены в прошлом столетии, не соответствуют современным нормам и требованиям качества электрической энергии. В результате чего уровень потерь электрической энергии в распределительной сети 10/0,4 кВ является высоким. Актуальной задачей в настоящее время является снижение потерь электрической энергии в распределительных электрических сетях напряжением 10/0,4 кВ. Потери электрической энергии в распределительных сетях можно снизить за счет мероприятий направленных на компенсацию реактивной мощности. Выявлены факторы и причины возникновения аномальных режимов работы асинхронных электродвигателей. Зависимость синхронной частоты вращения от потребляемой реактивной мощности из сети заключается в том что, чем меньше величина синхронной частоты, тем больше потребляемый коэффициент реактивной мощности из питающей сети. С ростом поглощения коэффициента реактивной мощности, значения потерь электроэнергии растут в кубической прогрессии, что влечет за собой в свою очередь рост технико-экономических потерь. Рассмотрены способы полного или частичного снижения воздействия коэффициента реактивной мощности асинхронных электродвигателей в распределительных сетях напряжением 10/0,4 кВ. С помощью предложенных мероприятий можно снизить потери электроэнергии и повысить энергоэффективность энергетического комплекса в целом, что приведет к дополнительной прибыли, увеличит срок службы энергетического электрооборудования и повысит качество электрической энергии.

Ключевые слова: коэффициент реактивной мощности, электрическая энергия, асинхронный электродвигатель, коэффициента загрузки асинхронных электродвигателей, синхронная частота вращения, мощность намагничивания, мощность полей рассеяния, аппроксимирующие зависимости, ток холостого хода.

Для цитирования. Никитин А.М., Безик Д.А., Васькин А.Н. Влияние коэффициента реактивной мощности асинхронных электродвигателей, в зависимости от коэффициента загрузки, на распределительные сети 10/0,4 кВ // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 1 (101). С. 74-77.

Original article

THE INFLUENCE OF THE REACTIVE POWER COEFFICIENT OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS DEPENDING ON THE LOAD COEFFICIENT FOR 10/0.4 kV TO DISTRIBUTION NETWORKS

Anton M. Nikitin, Dmitry A. Bezik, Alexandr N. Vas'kin
Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. The article considers the influence of the reactive power coefficient depending on the load factor of asynchronous electric motors to distribution networks with a voltage of 10/0.4 kV. The configuration of distribution networks with a voltage of 10/0.4 kV, most of which were built in the last century, do not meet modern standards and requirements for the quality of electric energy. As a result, the level of electrical energy losses in the 10/0.4 kV distribution network is high. An urgent task at present is to reduce the loss of electrical energy in distribution electric networks with a voltage of 10/0.4 kV. The losses of electrical energy in distribution networks can be reduced through measures aimed at compensating reactive power. The factors and causes of abnormal operating modes of asynchronous electric motors have been identified. The dependence of the synchronous rotation frequency on the reactive power consumed from the network is that the smaller the value of the synchronous frequency, the greater the reactive power consumption coefficient from the supply network. With an increase in the absorption of the reactive power coefficient, the values of electricity losses grow in cubic progression, which in turn entails an increase in technical and economic losses. The methods of full or partial reduction of the influence of the reactive power coefficient of asynchronous electric motors in distribution networks with a voltage of 10/0.4 kV are considered. With the help of the proposed measures, it is possible to reduce electricity losses and increase the energy efficiency of the energy complex as a whole, which will lead to additional profits, increase the service life of electric power equipment and improve the quality of electric energy.

Keywords: reactive power coefficient, electrical energy, asynchronous electric motor, load coefficient of asynchronous electric motors, synchronous rotation frequency, magnetization power, power of scattering fields, approximating dependencies, no-load current.

For citation: A.M. Nikitin, D.A. Bezik, A.N. Vas'kin. The influence of the reactive power coefficient of asynchronous electric motors depending on the load coefficient for 10/0.4 kV to distribution networks. Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024; (1): 74-77 (In Russ.).

Введение. Асинхронные электродвигатели в настоящее время широко используются во всех отраслях, они составляют основу электропривода для большинства технологических процессов. Асинхронные электродвигатели имеют как достоинства, так и недостатки. Одним из недостатков является негатив-

ное влияние, на распределительные сети напряжением 10/0,4 кВ, повышенного коэффициента реактивной мощности. Во время работы асинхронного электродвигателя происходит потребление реактивной мощности, которое зависит от множества факторов, таких как синхронизм, коэффициент загрузки асинхронного электродвигателя, условия эксплуатации и др. Излишнее потребление реактивной мощности влечет за собой технико-экономические потери, таким образом, возникает необходимость в принятии мер направленных на снижение потребления реактивной мощности и энергосбережение. В этой связи актуальной задачей, является рационализация эксплуатации асинхронных электродвигателей.

Материалы и методы исследований. В настоящее время асинхронные электродвигатели являются основными устройствами на предприятиях, которые преобразуют электрическую энергию в механическую, они составляют основу электропривода для большинства технологических процессов [1].

Асинхронные электродвигатели используют порядка 40 % вырабатываемой электроэнергии при этом затраты на эксплуатацию и ремонт составляют около 5% от общих затрат на эксплуатацию электрооборудования в целом.

Во время работы асинхронного двигателя происходит потребление реактивной мощности из питающей сети, которая состоит из двух основных составляющих: из мощности намагничивания Q_H , и мощности полей рассеяния $Q_{пр}$.

Расчет реактивной мощности асинхронного электродвигателя производится по формуле [2]:

$$Q_{Ад} = Q_H + Q_{пр} = Q_H + Q_{ном} k_3^2, \quad (1)$$

где $Q_{ном}$ – потери при номинальной нагрузке на рассеяние в асинхронном электродвигателе, кВАр;

k_3 – коэффициент загрузки по величине потребляемой активной мощности.

Как видно из формулы (1) величина реактивной мощности намагничивания не зависит от нагрузки на асинхронный электродвигатель, а вот поглощаемая мощность полей рассеяния асинхронного электродвигателя изменяется пропорционально квадрату нагрузочного коэффициента от номинальной реактивной мощности [2].

Коэффициент загрузки является одним из основных показателей, характеризующих уровень нагрузки на асинхронные электродвигатели. Основным нормативным показателем потребляемой реактивной мощности асинхронными электродвигателями является $\text{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности асинхронного электродвигателя. Отсюда можно сделать следующий вывод, что для определения величины воздействия двигателей на потребляемую реактивную мощность из сети предприятия, необходимо подвергнуть анализу воздействие коэффициента загрузки асинхронного электродвигателя на потребляемый коэффициент реактивной мощности из сети предприятия [1,4].

Реактивная мощность намагничивания асинхронных электродвигателей определяются по следующей формуле [2]:

$$Q_H = \frac{I_0}{I_{ном}} * \frac{P_{ном}}{\eta_{ном} \cos\varphi_{ном}} \quad (2)$$

где I_0 –поглощаемый ток асинхронного электродвигателя при холостом ходе, А;

$I_{ном}$ – номинальное значение тока асинхронного электродвигателя, А;

$P_{ном}$ – номинальная мощность асинхронного электродвигателя, кВт;

$\eta_{ном}$ – номинальный КПД асинхронного электродвигателя;

$\cos\varphi_{ном}$ – номинальный коэффициент мощности асинхронного электродвигателя;

Реактивная мощность асинхронных электродвигателей для полей рассеяния рассчитывается по формуле [2]:

$$Q_p = \frac{P^2}{P_{ном} \eta_{ном}} \left(\text{tg}\varphi_{ном} - \frac{1}{\cos\varphi_{ном}} \frac{I_0}{I_{ном}} \right) \quad (3)$$

где $\text{tg}\varphi_{ном}$ – номинальное значение коэффициента реактивной мощности электродвигателя;

P – активная нагрузка поглощаемая из сети асинхронным электродвигателем, кВт.

Подставив (2) и (3) в формулу (1) после преобразований, с учетом нагрузочного коэффициента асинхронного электродвигателя $k_3 = P/P_{ном}$, получим следующее выражение:

$$Q_{Ад} = \frac{P_{ном}}{\eta_{ном}} \left[\frac{I_0}{I_{ном}} \sqrt{1 + \text{tg}^2 \varphi_{ном}} + \left(\text{tg}\varphi_{ном} - \frac{I_0}{I_{ном}} \sqrt{1 + \text{tg}^2 \varphi_{ном}} \right) k_3^2 \right] \quad (4)$$

Выражение (4) позволяет точнее рассчитать величину потребляемой реактивной мощности асинхронным электродвигателем, благодаря тому что, в данной формуле указан фактический уровень потребляемой реактивной мощности, а не среднее значение.

С учетом полученного выражения (4), определим коэффициент реактивной мощности асинхронного электродвигателя по формуле [3]:

$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}} = \frac{\frac{I_0}{I_{\text{НОМ}}}\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\varphi_{\text{НОМ}}} + \left(\operatorname{tg}\varphi_{\text{НОМ}} - \frac{I_0}{I_{\text{НОМ}}}\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\varphi_{\text{НОМ}}}\right)k_3^2}{\eta_{\text{НОМ}}k_3} \quad (5)$$

Из формулы (5) коэффициент реактивной мощности асинхронного электродвигателя зависит от уровня нагрузки. Для оценки зависимости реактивной мощности асинхронного электродвигателя от уровня нагрузки с использованием справочных данных для асинхронных электродвигателей были найдены значения коэффициента $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}}$ при значениях коэффициента загрузки в пределах $0 < k_3 < 1$ для наиболее распространенных серий 4А и АИР с мощностью $0,06 < P_{\text{НОМ}} < 250$ кВт и частотой 750 об/мин, 1000 об/мин, 1500 об/мин и 3000 об/мин.

Используя методику расчета токов холостого хода применимую для асинхронных электродвигателей [7,8], получим значения токов в пределах $25\% < I_{\text{ХХ}} < 66\%$ для серии 4А и $26\% < I_{\text{ХХ}} < 61\%$ для серии АИР от номинального тока. Полученные значения существенно воздействуют на коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}}$. Для исследования воспользуемся наиболее распространенными асинхронными электродвигателями серии 4А и серии АИР, причем величина тока холостого хода и значение коэффициента реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}}$ приблизительно схожи для серий исследуемых электродвигателей, что позволяет использовать степенную аппроксимирующую функцию $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}} = f(k_3)$.

Из анализа полученных графиков (рис. 1, 2), коэффициент загрузки значительно воздействует на уровень потребляемой реактивной мощности из питающей сети предприятия. При уменьшении коэффициента загрузки, коэффициент реактивной мощности и уровень потребления реактивной мощности из сети предприятия возрастают.

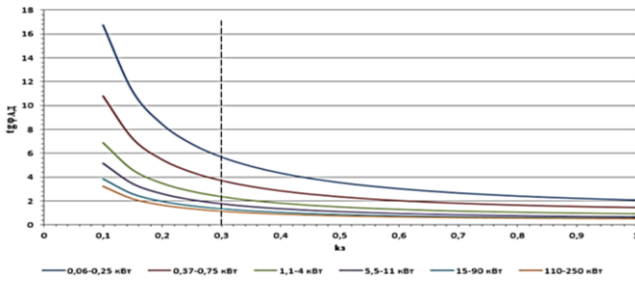


Рисунок 1 – Аппроксимирующие зависимости $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}}=f(k_3)$ асинхронных электродвигателей серии 4А

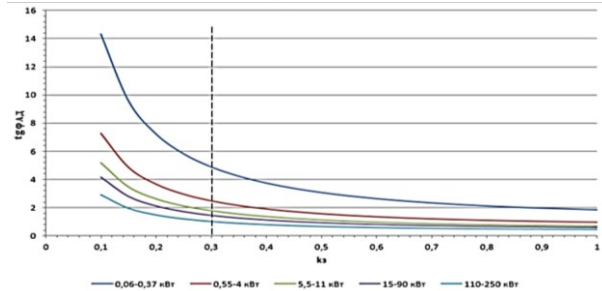


Рисунок 2 – Аппроксимирующие зависимости $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}}=f(k_3)$ асинхронных электродвигателей серии АИР

Графики аппроксимирующей зависимости $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}} = f(k_3)$ асинхронных электродвигатели серии 4А по сравнению с асинхронными электродвигателями серии АИР имеют коэффициент реактивной мощности $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}}$ большей величины.

Немаловажное влияние на уровень потребляемой реактивной мощности из сети предприятия оказывает синхронная частота вращения электродвигателей [6,8,9]. На рисунках 3 и 4 представлены графические зависимости коэффициента реактивной мощности от номинальной мощности асинхронного электродвигателя $\operatorname{tg}\varphi_{\text{АД}}=f(P_{\text{НОМ}})$ при разном количестве пар полюсов асинхронных электродвигателей.

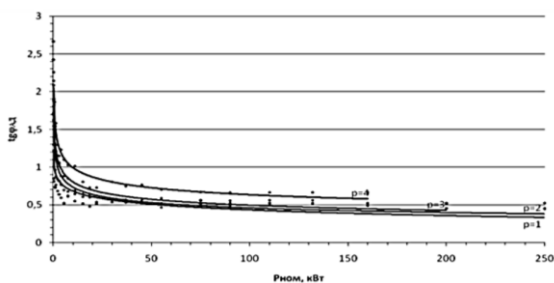


Рисунок 3– Графическая зависимость номинальной мощности асинхронного электродвигателя серии 4А от коэффициента реактивной мощности

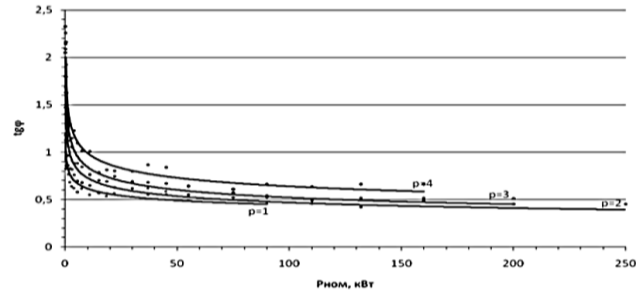


Рисунок 4 – Графическая зависимость номинальной мощности асинхронного электродвигателя серии АИР от коэффициента реактивной мощности

Из анализа полученных графиков видно, что зависимость синхронной частоты вращения от потребляемой реактивной мощности из сети заключается в том что, чем меньше величина синхронной частоты, тем больше потребляемый коэффициент реактивной мощности из питающей сети.

В структуре потерь электроэнергии в распределительных сетях предприятия на потери связанные с передачей реактивной мощности приходится порядка 47 % от общего количества потерь. С ростом поглощения коэффициента реактивной мощности из сети предприятия, значения потерь элек-

троэнергии растут в кубической прогрессии, что влечет за собой в свою очередь рост технико-экономические потерь [5,10].

Выводы. Для снижения потерь электроэнергии необходимо снизить уровень потребления реактивной составляющей за счет применения компенсационных устройств, выбора при проектировании или замене асинхронных электродвигателей с большей активной мощностью и производить замену асинхронных электродвигателей на такие же по мощности, но синхронные электродвигатели при учете технико-экономических составляющих.

Список источников

1. Ткачёв А.Н., Селунский В.В. Электрические машины: учеб. пособие. Челябинск: ОУ ВО «Южно-Уральский технологический университет», 2021. – Режим доступа: <https://www.inueso.ru/tio/2021/978-5-6046573-3-1.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. 131 с.
2. Кацман М.М. Электрические машины: учеб. для студентов сред. проф. образования. 3-е изд., испр. М.: Высшая школа, М.: Academia, 2001. 463 с
3. Беляевский Р.В. Анализ влияния коэффициента загрузки асинхронных двигателей на потребление реактивной мощности // Вестн. Кузбасского гос. тех. ун-в. 2010. № 6. С. 66-69.
4. Беляевский Р.В. Основные факторы увеличения потребления реактивной мощности асинхронными двигателями // Современная техника и технологии: исследования и разработки: сб. докл. междунар. науч. заочной конф., Липецк, 23 июля 2011 г. / отв. ред. А.В. Горбенко. Липецк: Издательский центр «Гравис», 2011. С. 61–64.
5. Извеков Е.А., Косенков Р.И. Анализ потребления реактивной мощности асинхронными электродвигателями // Наука, образование и инновации в современном мире: материалы нац. науч.-практ. конф. Ч. I. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019. С. 128-135.
6. Осинцева В.В., Мезенцев П.А. Роль устройств защиты в повышении надежности работы асинхронных электродвигателей // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: материалы XII междунар. науч.-практ. конф. Междуреченск: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачёва, 2023. С. 553.1-553.5.
7. Шумский Д.В. Повышение энергетической эффективности электроприводов // Наука и молодежь: материалы XX Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Барнаул: Алтайский государственный техн. ун-т им. И.И. Ползунова, 2023. С. 311-313.
8. Беляевский Р.В. Повышение энергоэффективности территориальных сетевых организаций при оптимизации потребления реактивной мощности: дис. ... канд. тех. наук: 05.09.03 / науч. рук. В.М. Ефременко; ФГБОУ ВО Кузбасский Государственный техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. Кемерово, 2015. 132 с.
9. Попов И.П. Влияние сети на реактивную мощность // Вестник Тверского государственного технического университета. 2023. № 1 (17). С. 55-60.
10. Семенов А.В., Дружинина Е.С. Пути компенсации реактивной мощности в сетях переменного тока // Научно-практический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сб. тез. междунар. студенческой науч.-практ. конф. Великие Луки: Великолукская ГСХА, 2022. С. 100-103.

Информация об авторах:

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

Д.А. Безик – директор института энергетики и природопользования, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

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

Information about the authors:

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

D.A. Bezik - Director of the Institute of Energy and Environmental Management, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Agrarian University.

AN. Vas'kin - Senior lecturer of the Department of Automation, Physics and Mathematics, Bryansk State Agrarian University, vaskin32@mail.ru.

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

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

Статья поступила в редакцию 09.11.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023, принята к публикации 31.01.2024.

The article was submitted 09.11.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 31.01.2024.

© Никитин А.М., Безик Д.А., Васькин А.Н.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

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

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

Тексты статей представляются только в программе Microsoft Word. Формат страницы А4, поля по 2 см, шрифт Times New Roman 12, межстрочный интервал 1,0. Выравнивание по ширине с установкой переносов, отступ в начале абзаца 1,25. Объем статьи не менее 4 и не более 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, e-mail).

Экспериментальная статья должна включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и их обсуждение, выводы, список источников.

Требования к составлению аннотации. Оформляется согласно ГОСТ 7.0.7-2021. Рекомендуемый объем 1000-2000 знаков (200-250 слов). В аннотации не повторяется название статьи. Аннотация не разбивается на абзацы. Структура аннотации кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит фактографию, обоснованные выводы, рекомендации и т.п. Допускается введение сокращений в пределах аннотации (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение - в скобках, далее используется только сокращение). Избегайте использования вводных слов и оборотов. Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Перевод аннотации на английский язык. Недопустимо использование машинного перевода. Вместо десятичной запятой используется точка. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: ВТО-WTO, ФАО-FAO и т.п.).

Библиографический список нумеруется в порядке упоминания ссылок в тексте. Ссылки помещают квадратные скобки. Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5 – 2008 для затекстовых ссылок. Допускается доля самоцитирования не более 20% и цитирования работ сотрудников учреждения, где выполнена работа не более 30%.

Все рукописи, представляемые для публикации в журнале, проходят рецензирование (экспертную оценку) и проверку информационной системой на наличие неправомерных заимствований.

Статьи (1 экземпляр в печатном виде и на электронном носителе) следует направлять по адресу 243365 Брянская обл., Выгоничский р-он., с. Кокино, ул. Советская, 2а, Брянский ГАУ, главному редактору Торикову В.Е. или E-mail: osipovaa@bgsha.com с указанием темы «статья в журнале Вестник Брянской ГСХА». Также направляется сопроводительное письмо, оформленное на бланке соответствующего учреждения с рекомендацией к публикации, если предоставляемые материалы являются результатом работы, выполненной в этой организации. При отправке по E-mail представлять печатный экземпляр необязательно. Так же можно отправить по E-mail отсканированный вариант рецензии. С аспирантов плата за публикацию рукописей не взимается.