ISSN: 1997-3225
EISSN: 2782-4225
DOI 10.55170/1997-3225

Самарский государственный аграрный университет

САМАРСКИЙ ГАУ

Известия

САМАРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ



2026

ОКТЯБРЬ-ДЕКАБРЬ

Т. 11, № 4

16+

Bulletin Samara State Agricultural Academy

ИЗВЕСТИЯ

Самарской государственной сельскохозяйственной академии

Научный журнал
Самарского государственного аграрного университета

Основан в 1923 году
Выходит 4 раза в год

ИЮЛЬ-СЕНТЯБРЬ

Т. 11, № 4(85), 2026

Самара
2026

BULLETIN

Samara State Agricultural Academy

Scientific journal
Samara State Agrarian University

Founded in 1923
4 issues per year

JULY-SEPTEMBER

Vol. 11, No 4(85), 2026

Samara
2026

ISSN-p: 1997-3225
ISSN-e: 2782-4225
DOI 10.55170/1997-3225

Известия

Самарской государственной сельскохозяйственной академии

Т. 11, № 4(85), 2026

УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Главный редактор: В. В. Герасименко, д-р биол. наук, проф. (Самара, Россия)
Заместитель главного редактора: Е. С. Казакова, канд. с.-х. наук, доцент (Самара, Россия)

Редакционный совет:
Н. А. Балакирев, академик РАН, д-р с.-х. наук, проф. (Москва, Россия)
Г. А. Баталова, академик РАН, д-р с.-х. наук, проф. (Киров, Россия)
Б. П. Боинчан, д-р с.-х. наук, проф. (Бэлць, Республика Молдова)
В. М. Лукомец, академик РАН, д-р с.-х. наук, проф. (Краснодар, Россия)
С. А. Соловьёв, академик РАН, д-р техн. наук, проф. (Москва, Россия)
Б. Б. Траисов, академик КазНАЕН, д-р с.-х. наук, проф. (Уральск, Казахстан)
С. Н. Шевченко, академик РАН, д-р с.-х., проф. (Самара, Россия)
Ю. А. Юлдашбаев, академик РАН, д-р с.-х., проф. (Москва, Россия)

Редакционная коллегия:
Х. Б. Баймишев, д-р биол. наук, проф. (Самара, Россия)
В. А. Беляев, д-р ветеринар. наук, проф. (Ставрополь, Россия)
А. Т. Варакин, д-р с.-х. наук, проф. (Волгоград, Россия)
В. Г. Васин, д-р с.-х. наук, проф. (Самара, Россия)
Д. В. Виноградов, д-р биол. наук, проф. (Рязань, Россия)
Р. Р. Гадиев, д-р с.-х. наук, проф. (Уфа, Россия)
С. П. Еремин, д-р ветеринар. наук, проф. (Нижний Новгород, Россия)
И. Д. Еськов, д-р с.-х. наук, проф. (Саратов, Россия)
А. П. Иншаков, д-р техн. наук, проф. (Саранск, Россия)
В. Г. Каплин, д-р биол. наук, проф. (Санкт-Петербург, Россия)
С. В. Карамаев, д-р с.-х. наук, проф. (Самара, Россия)
В. В. Коновалов, д-р техн. наук, (Пенза, Россия)
Н. П. Крючин, д-р техн. наук, проф. (Самара, Россия)
В. И. Курдюмов, д-р техн. наук, проф. (Ульяновск, Россия)
А. А. Курочкин, д-р техн. наук, проф. (Пенза, Россия)
П. Н. Мальчиков, д-р с.-х. наук, (Самара, Россия)
В. Н. Никулин, д-р с.-х. наук, проф. (Оренбург, Россия)
А. В. Савинков, д-р ветеринар. наук, проф. (Самара, Россия)
М. С. Сеитов, д-р биол. наук, проф. (Оренбург, Россия)
Н. М. Троц, д-р с.-х. наук, проф. (Москва, Россия)
А. П. Уханов, д-р техн. наук, проф. (Пенза, Россия)
А. В. Щур, д-р биол. наук, (Могилев, Республика Беларусь)

Редакция журнала:
Ответственный редактор – Л. П. Федорова
Технический редактор, корректор – Н. Ю. Бабушкина

По решению ВАК журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Полнотекстовый доступ к статьям журнала осуществляется на портале научных журналов «ЭкоВектор» (https://journals.eco-vector.com), сайтах научных электронных библиотек eLibrary.ru (http://elibrary.ru) и КиберЛенинка (http://cyberleninka.ru)

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия СГСХА» размещены в Интернете (https://ssaa.ru/ssaa/ibz/zhurnal-izvestiya-sgskha-oj)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 23 мая 2019 года
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-75814

Подписной индекс в Объединенном каталоге «Пресса России» – 84460
Цена свободная

Адрес редакции и издателя: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608); E-mail: ssaariz@mail.ru
Отпечатано в типографии ООО «Слово»
Адрес типографии: 443070, Самарская область, г. Самара, ул. Песчаная, 1
Тел.: (846) 267-36-82; E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Подписано в печать 12.10.2026
Формат 60×84/8. Печ. л. 13,6
Тираж 100. Заказ № 2212
Дата выхода в свет 30.10.2026

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2026

16+

Bulletin

Samara State Agricultural Academy

Vol. 11, No 4(85), 2026

ESTABLISHER and PUBLISHER:
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Samara State Agrarian University"

Editor-in- Chief: V. V. Gerasimenko, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Samara, Russia)
Deputy Chief Editor: E. S. Kazakova, Cand. of Ag. Sci., Assoc. Prof. (Samara, Russia)

Editorial Council:
N. A. Balakirev, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Moscow, Russia)
G. A. Batalova, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Kirov, Russia)
B. P. Boinchan, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Belc', Moldova)
V. M. Lukomets, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Krasnodar, Russia)
S. A. Solovyov, Academician RAS, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Moscow, Russia)
B. B. Traisov, Academician KazNAEN, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Uralsk, Kazakhstan)
S. N. Shevchenko, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)
Yu. A. Yuldashbaev, Academician RAS, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Moscow, Russia)

Editorial Board:
Kh. B. Baimishev, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Samara, Russia)
V. A. Belyaev, Dr. of Vet. Sci., Prof. (Stavropol, Russia)
A. T. Varakin, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Volgograd, Russia)
V. G. Vasin, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)
D. V. Vinogradov, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Ryazan, Russia)
R. R. Gadiev, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Ufa, Russia)
S. P. Eremin, Dr. of Vet. Sci., Prof. (Nizhny Novgorod, Russia)
I. D. Eskov, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Saratov, Russia)
A. P. Inshakov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Saransk, Russia)
V. G. Kaplin, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Saint Petersburg, Russia)
S. V. Karamaev, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)
V. V. Konovalov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Penza, Russia)
N. P. Kryuchin, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Samara, Russia)
V. I. Kurdyumov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Ulyanovsk, Russia)
A. A. Kurochkin, Dr. of Tech. Sci., Prof. Professor (Penza, Russia)
P. N. Malchikov, Dr. of Agr. Sci., Prof. (Samara, Russia)
V. N. Nikulin, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Orenburg, Russia)
A. V. Savinkov, Dr. of Vet. Sci., Prof. (Samara, Russia)
M. S. Seitov, Dr. of Biol. Sci., Prof. (Orenburg, Russia)
N. M. Trots, Dr. of Ag. Sci., Prof. (Москва, Russia)
A. P. Ukhanov, Dr. of Tech. Sci., Prof. (Penza, Russia)
A. V. SHCHur, Dr. of Biol. Sci., (Mogilev, Belarus)

Editorial staff:
Executive Editor – L. P. Fedorova
Technical editor, proofreader – N. Yu. Babushkina

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of candidate of sciences, for the degree of doctor of sciences should be published

The full-text electronic version of journal is hosted by the Eco-Vector Journals Portal (https://journals.eco-vector.com), and by the web-sites of scientific electronic libraries eLibrary.ru (http://elibrary.ru) and CyberLeninka (http://cyberleninka.ru)

Article submission guidelines of the journal "Bulletin of SSAA" are available at (https://ssaa.ru/ssaa/ibz/zhurnal-izvestiya-sgskha-oj)

The journal is registered Supervision Federal Service of Telecom sphere, information technologies and mass communications (Roscomnadzor) May 23, 2019
The certificate of registration of the PI number FS77-75814

Subscription index in the United catalog "Press of Russia" – 84460
Price undefined

Editorial office, publisher: 446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinelskiy, Uchebnaya street, 2
Tel.: 8 939 754 04 86 (ext. 608); E-mail: ssaariz@mail.ru
Printed in Print House LLC "Slovo"
Address Print House: 443070, Samara Region, Samara, Peschanaya Street, 1
Tel.: (846) 267-36-82; E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Signed in print 12.10.2026
Format 60×84/8. Printed sheets 13.6
Print run 100. Edition № 2212
Publishing date 30.10.2026

© FSBEI HE Samara SAU, 2026

16+

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ

Козлова А. В., Аканова Н. И., Тимошина Н. А.
Влияние различных способов внесения гранулированных магнийсодержащих удобрений в почву на урожайность картофеля…… 5

Бухаров А. Ф., Иванова М. И., Морозова В. С.
Базовые принципы гетерозисной селекции и гибридного семеноводства овощных культур…….. 13

Товстик Е. В., Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н., Шеромов А. М.
Эффективность салициловой кислоты для внекорневой обработки ячменя на различных почвенных фонах 35

Базанов Т. А., Пролетова Н. В., Логинова Н. Н., Минина Е. В., Вересова П. Д.
Создание устойчивых к антракнозу линий льна-долгунца методами *in vitro* и их SSR-анализ…… 43

Никонорова Ю. Ю., Косых Л. А., Ермилина Н. Н., Коновалов И. В.
Оценка ключевых биохимических показателей качества ячменя с изучением выхода крахмала в условиях Среднего Поволжья…….. 52

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Рассказова К. В., Тропынина Н. Е., Фурсова Е. А.
Цифровая трансформация в контексте технологической и продовольственной безопасности: дроны в отраслевой экономике……... 59

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Ратцева А. А., Баймишев М. Х.
Производственная эффективность применения кормовой добавки на основе гуминовых кислот у высокопродуктивных коров…… 69

Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С., Шкрабак В. С., Шкрабак Р. В.
Влияние типа высшей нервной деятельности коров на эффективность скармливания кормовой добавки в аспекте воспроизводства…… 76

Герасименко В. В., Ежова О. Ю., Мустафин Р. З., Бакаева Л. Н.
Эффективность применения *Enterococcus faecium* и цеолита типа NaX при выращивании перепелов родительского стада…… 83

Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р., Низамова Г. М., Закиров Т. М.
Острая пероральная токсичность новой противоакарицидной композиции азометина на лабораторных крысах…… 90

Семиволос А. М., Семиволос С. А.
Консервативные методы лечения коров при задержании последа…….. 96

Пехтелева О. А., Саломатин В. В., Коноблей Т. В., Варакин А. Т.
Белковый метаболизм у цыплят-бройлеров при выпаивании кормовых добавок…….. 101

CONTENTS

AGRONOMY

Kozlova A. V., Akanova N. I., Timoshina N. A.
The effect of various methods of applying granulated magnesium-containing fertilizers to the soil on potato yield… 5

Bukharov A. F., Ivanova M. I., Morozova V. S.
Basic Principles of Heterosis Breeding and Hybrid Seed Production of Vegetable Crops…….. 13

Tovstik E. V., Shupletsova O. N., Shchennikova I. N., Sheromov A. M.
Efficiency of salicylic acid for foliar treatment of barley on different soil backgrounds…… 35

Bazanov T. A., Proletova N. V., Loginova N. N., Minina E. V., Veresova P. D.
Creation of anthracnose-resistant fiber flax lines by *in vitro* methods and their SSR-analysis…….. 43

Nikonorova Yu. Yu., Kosykh L. A., Ermilina N. N., Konovalov I. V.
Evaluation of key biochemical parameters of barley quality with the study of starch yield in the conditions of the Middle Volga region…… 52

TECHNICAL SCIENCES

Rasskazova K. V., Tropynina N. E., Fursova E. A.
Digital transformation in the context of technological and food security: drones in the industrial economics……. 59

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Rattseva A. A., Baimishev M. Kh.
The production efficiency of using a humic acid-based feed additive in high-yielding cows…….. 69

Kravainis Yu. Ya., Kravayine R. S., Shkrabak V. S., Shkrabak R. V.
Influence of the type of higher nervous activity of cows on the efficiency of feeding the feed additive in terms of reproduction…… 76

Gerasimenko V. V., Ezhova O. Yu., Mustafin R. Z., Bakaeva L. N.
The effectiveness of using Enterococcus faecium and NaX-type zeolite in rearing quails of the parent flock…… 83

Gizzatullin R. R., Gizzatullina R. R., Nizamova G. M., Zakirov T. M.
Acute oral toxicity of azomethin new anti-acaricid composition in laboratory rats…… 90

Semivolos A. M., Semivolos, S. A.
Conservative treatment methods for cows with retained placenta…….. 96

Pekhteleva O. A., Salomatin V. V., Konobley T. V., Varakin A. T.
Protein metabolism in broiler chickens during liquid feed additive administration…… 101

Научная статья
УДК: 631.8: 633.491
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-5-12

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

А. В. Козлова[1], Н. И. Аканова[2]✉, Н. А. Тимошина[3]
[1] Русское Горно-химическое общество, Москва, Россия.
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, Москва, Россия.
[3] Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха, Красково, Московская область, Россия.

Резюме. *В статье приведены результаты комплексной оценки эффективности применения магнийсодержащих удобрений, производимых на основе природного минерала брусит. Применение такого вида удобрений позволяет компенсировать потери магния из почвы и создавать его долгосрочный запас. Поскольку нежелателен как недостаток, так и избыток магния в почве, вследствие возможности нарушения баланса других элементов и ухудшения усвоения кальция, калия, целью проведенных трехлетних полевых исследований была разработка и оптимизация регламентов применения магнийсодержащих удобрений АгроМаг. Исследовано влияние различных доз и способов внесения новых марок магнийсодержащих удобрений, в состав которых включены сера и бор, на урожай и качество клубней картофеля, возделываемого в условиях Московской области на дерново-подзолистой супесчаной почве. Приведены результаты эффективности осеннего внесения магниевых удобрений, обусловленного большим временем взаимодействия элемента с почвой, а также весеннего применения. Наиболее высокие прибавки урожайности были получены при внесении гранулированных удобрений исследуемых марок под весеннюю культивацию и при посадке картофеля относительно их осеннего применения. На фоне минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ было получено 32,5 т/га клубней картофеля. Прибавки урожайности относительно фона от совместного применения АгроМаг с серой составили 19-23 т/га, магния и бора: 13-17 т/га. Наиболее благоприятные параметры плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы складывались в вариантах с осенним и ранневесенним применением обеих марок магнийсодержащих удобрений.*

Ключевые слова*:* магнийсодержащие удобрения, сера, бор, способы внесения, картофель, урожайность, качество клубней, брусит, дерново-подзолистая почва

***Для цитирования*:** Козлова А. В., Аканова Н. И., Тимошина Н. А. Влияние различных способов внесения гранулированных магнийсодержащих удобрений в почву на урожайность картофеля // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 5-12. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-5-12

Original article

THE EFFECT OF VARIOUS METHODS OF APPLYING GRANULATED MAGNESIUM-CONTAINING FERTILIZERS TO THE SOIL ON POTATO YIELDS

A. V. Kozlova[1], N. I. Akanova[2]✉, N. A. Timoshina[3]
[1] Russian Mining and Chemical Society, Moscow, Russia,
[2] All-Russian Research Institute for Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia,
[3] Federal Research Center of Potatoes named after A.G. Lorch", Kraskovo, Moscow Region, Russia.

Abstract. The article presents the results of a comprehensive assessment of the effectiveness of magnesium-containing fertilizers produced on the basis of the natural mineral brucite. The use of this type of fertilizer makes it possible to compensate for the loss of magnesium from the soil and create a long-term supply of it. Since both a lack and an excess of magnesium in the soil is undesirable, due to the possibility of imbalance of other elements and deterioration of the absorption of calcium and potassium, the purpose of the three-year field research was to develop and optimize regulations for the use of magnesium-containing fertilizers AgroMag. The effect of various doses and methods of applying new grades of magnesium-containing fertilizers, which include sulfur and boron, on the yield and quality of potato tubers cultivated in the Moscow region on sod-podzolic sandy loam soil has been studied. The results of the effectiveness of the autumn application of magnesium fertilizers, due to the long time of interaction of the element with the soil, as well as spring application, are presented. The highest yield increases were observed when applying granular fertilizers of the tested brands during spring cultivation and when planting potatoes, compared to their autumn application. Against the background of mineral fertilizers at a dose of N60P60K90, 32.5 t/ha of potato tubers were obtained. The yield increases relative to the background from the combined use of AgroMag with sulfur amounted to 19-23 t/ha, magnesium and boron: 13-17 t/ha. The most favorable fertility parameters of sod-podzolic sandy loam soil were formed in variants with autumn and early spring application of both grades of magnesium-containing fertilizers.

© Козлова А. В., Аканова Н. И., Тимошина Н. А., 2026

Keywords: magnesium-containing fertilizers, sulfur, boron, application methods, potatoes, yield, tuber quality, brucite, sod-podzolic soil

For citation: Kozlova, A. V., Akanova, N. I. & Timoshina, N. A. The effect of various methods of applying granulated magnesium-containing fertilizers to the soil on potato yield // *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 2026. 11, 4. 5-12. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-5-12 (in Russian).

Введение. На обширных площадях почв земель сельскохозяйственных угодий сохраняется проблема дефицита или недоступности для растений магния, кальция, серы и бора. Одним из факторов доступности магния для растений является оптимальный диапазон уровня pH, который лежит в пределах 5,5-7,0. В условиях сильнокислой реакции среды (pH<5,0), ионы H^+ и Al^{3+} вытесняют магний с обменных позиций, он интенсивно вымывается. Напротив, в щелочной среде (pH>7,5) могут образовываться малорастворимые соединения магния, что также приводит к снижению его доступности.

Оптимизация кислотно-основных свойств почв посредством химической мелиорации приводит к возникновению конкуренции между кальцием и магнием в корневых транспортных системах. Избыточное внесение калийных удобрений также снижает доступность магния.

Негативное влияние на нормальный рост растений картофеля недостаток мезо- и микроэлементов может оказать в критические периоды развития (фаза полных всходов, бутонизация, клубнеобразование), особенно при возникновении неблагоприятных абиотических факторов (возвратные заморозки, холодная влажная погода, засуха и др.) на фоне повышенной кислотности почв: растения ослабляются из-за нарушения процесса фотосинтеза, биосинтеза белков, угнетения роста наземной биомассы и корней, снижается их общая жизнеспособность, что, в итоге, приводит к снижению урожайности, а также к ухудшению качества и лёжкости клубней при хранении. В связи с этим, важной задачей для многих регионов является необходимость использования не только традиционных NPK удобрений, но также известковых, магниевых, серосодержащих удобрений и микроудобрений с целью более полной реализации потенциала продуктивности картофеля [1-5].

Одним из резервов получения экологически безопасных магнийсодержащих удобрений в настоящее время является природный минерал брусит (гидроксид магния), добываемый на Кульдурском месторождении, расположенном в Еврейской автономной области. Минерал образуется в разных геологических условиях: при гидротермальном изменении магнезиальных ультраосновных горных пород, при метаморфизме доломитов, а также в корах выветривания. В отличие от карбонатных форм магниевых минералов, в том числе магнезита или доломита, которые при реакции с кислотами выделяют углекислый газ, брусит растворяется без шипения. Это тест для отличия от магнезита или доломита (*Бетехтин А. Г. Курс минералогии, 2023*).

Для поддержания почвенного плодородия и устранения дефицита магния, серы и бора в растениеводстве были разработаны магниевые удобрения АгроМаг гранулированный марки: MgO+S 49:20 и MgO+B 57:1. Это физиологически щелочные удобрения пролонгированного действия, которые получают из брусита путём сушки минерала, тонкого измельчения, классификации и грануляции с последующим добавлением серо- или борсодержащих соединений.

Результаты наших более ранних исследований показали высокую эффективность гранулированных удобрений из брусита при внесении в научно-обоснованных дозах под картофель перед посадкой на различных типах почв [6-7, 12]. Однако, актуальным в настоящее время и недостаточно изученным оставался вопрос разработки сроков применения удобрения: в какой период в условиях легких дерново-подзолистых почв наиболее эффективно вносить магниевые удобрения длительного действия, под основную обработку почвы осенью или ранней весной под культивацию?

Цель исследований заключалась в проведении сравнительной оценки биологической эффективности различных способов внесения (основное осеннее, ранневесеннее и припосадочное) магнийсодержащих удобрений АгроМаг гранулированный двух марок MgO+S 49:20 и MgO+B 57:1. В качестве оценочных параметров продуктивности агроценоза были выбраны общая продуктивность, структурные элементы урожайности картофеля, показатели качества клубней, включая степень заболеваемости грибными инфекциями. Важным аспектом исследований было изменение показателей плодородия дерново-подзолистой почвы в условиях различных способов применения магниевых удобрений.

Материал и методы исследований. Полевой опыт с новыми марками отечественных магнийсодержащих удобрений АгроМаг, обогащенных серой и бором, проводился в период с 2024-2025 гг. на поле экспериментальной опытной базы Коренёво ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» в условиях Московской области.

Удобрение АгроМаг гранулированный марка MgO+S 49:20 – это гранулы от светло-серого до светло-желтого цвета со следующим содержанием питательных элементов: MgO – не менее 49%, S (SO3) – не менее 20%,

CaO – не более 1,5%. Удобрение АгроМаг гранулированный марка MgO+B 57:1 -гранулы светло-серого цвета. Содержание питательных элементов: MgO – не менее 57%, B - не менее 1 %, CaO – не более 1,5 %. Массовая доля гранул 1-4 мм в обеих марках составляет не менее 90 %, статическая прочность гранул – не менее 2,5 МПа, влажность – не более 1%.

Почва опытного участка - дерново-подзолистая супесчаная, среднекислая (pH_{KCl} = 4,30-4,45), с низкой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ими (S = 1,5-1,6 мг-экв/100г почвы; V = 31-33%), высоким содержанием подвижного фосфора (до 387 мг/кг почвы) и «ниже среднего» - обменного калия (103-118 мг/кг), относительно низким содержанием гумуса (1,7-1,9%). Содержание обменного кальция и магния – 329 мг/кг и 91 мг/кг почвы соответственно.

Объектом исследований был сорт картофеля Жуковский ранний (I репродукция), столового назначения и для переработки на хрустящий картофель, предназначенный для выращивания в любых почвенно-климатических условиях. Сорт практически не страдает от картофельных заболеваний, не поддается парше обыкновенной, золотистой нематоде, картофельному раку. Отличается умеренной стойкостью к фитофторе. Все наблюдения и учеты в опыте проводили согласно общепринятым методикам. Статистическую обработку данных осуществляли по методике Б. А. Доспехова [8-11].

Предшествующая культура – викоовсяная смесь. Посадку производили в предварительно нарезанные гребни, схема посадки 75×30 см, густота стояния растений – 44 000 штук/га. Уборка картофеля ежегодно осуществлялась вручную с каждой делянки с отбором образцов клубней на определение структуры урожая и биохимических показателей, площадь учетной делянки 45 м^2, повторность трехкратная, расположение рендомизированное.

Варианты опыта:

1. Контроль (без удобрений).
2. Фон ($N_{90}P_{90}K_{160}$).
3. Фон + АгроМаг гран. марка MgO+S 49:20 - 200 кг MgO/га осенью под культивацию.
4. Фон + АгроМаг гран. марка MgO+S 49:20 - 120 кг MgO/га под ранневесеннюю культивацию.
5. Фон + АгроМаг гран. марка MgO+S 49:20 - 120 кг MgO/га при посадке.
6. Фон + АгроМаг гран. марка MgO+B 57:1 - 200 кг MgO/га осенью под культивацию.
7. Фон + АгроМаг гран. марка MgO+B 57:1 - 120 кг MgO/га под ранневесеннюю культивацию.
8. Фон + АгроМаг гр. марка MgO+B 57:1 - 120 кг MgO/га при посадке.

Расчетная доза основного минерального удобрения (планированная урожайность 30 т/га картофеля) составила $N_{90}P_{90}K_{160}$ и была внесена весной под нарезку гребней фоном в опытных вариантах со 2 по 8. Удобрения АгроМаг гранулированный марка MgO+S 49:20 и марка MgO+B 57:1 вносили согласно схеме опыта: осенью 2024 г. под культивацию после дискования и вспашки (варианты 3 и 6), в 2025 году под ранневесеннюю культивацию (4 и 7) и локально под предпосадочную нарезку гребней (варианты 5 и 8).

Метеорологические условия вегетационного периода.

Агроклиматические условия вегетационного периода проведения исследований (2025 г.) в целом были типичными для зоны, но различались по температуре и количеству осадков (табл. 1). Средняя температура воздуха за вегетационный период составила 17,6 ˚С, при норме 16,7 ˚С. Количество осадков за вегетацию выпало 378,9 мм или 143,4% от нормы; сумма эффективных температур (>10 ˚С) составила 2091,71 ˚С; $ГТК_{2025}$ составил 1,77 (влажный). Таким образом, погодные условия были благоприятны для роста, развития и формирования продуктивности картофеля, однако, они являлись также положительным фактором для развития фитофтороза, альтернариоза, ризоктониоза и размножения колорадского жука.

Таблица 1

Метеорологические условия периода вегетации картофеля в 2025 году (по данным метеостанции «Коренево»)

Основные показатели	Месяцы			
	май	июнь	июль	август
Температура воздуха, °С а) средняя многолетняя	13,0	17,3	19,3	16,5
б) текущего года	13,7	17,5	21,9	17,6
Количество осадков, мм а) среднее многолетнее	52,3	65,2	79,3	67,5
б) текущего года	50,6	107,4	136	84,9

Обсуждение результатов исследования.

В следствие того, что стабильный переход среднесуточной температуры воздуха выше +10 ^{0}С был отмечен после 15 мая, произошло затягивание сроков посадки, появления всходов картофеля. Продолжительность периода от посадки до всходов растений составил в среднем 34 дня, вместо ожидаемых 20-25 дней. Соответственно, средняя продолжительность активного периода вегетации картофеля сорта Жуковский ранний – от полных всходов (4-10.06.25) до учёта урожая клубней (20.08.2025) в опыте составила 72 дня, но от применения магниевых удобрений не зависела.

Полученные результаты исследования биометрических показателей растений картофеля показали, что применение различных марок и доз магнийсодержащих удобрений оказало положительное влияние на высоту растений и структуру урожая (массу, количество и соотношение клубней различных фракций). На абсолютном контроле высота растений на момент завершения фазы цветения составляла 53 см, в варианте с минеральным фоном (2 вар.) – повышалась до 67,7 см. Наиболее существенное увеличение высоты растений было отмечено в вариантах с применением обеих марок удобрения АгроМаг при ранневесеннем внесении и локальном (при посадке): в 4-м, 5-м, 7-м и 8-м вариантах. При этом, использование систем питания, включающих применение обеих марок магнийсодержащих удобрений в сочетании с NPK при локальном внесении (варианты 5 и 8) показывало максимальный в опыте достоверный ($НСР_{05}$ – 5,6 см) рост: 78,5 и 79,4 см соответственно, что на 25,5-26,5 см (или на 48-50%) выше контрольного варианта без удобрений и на 10,8-11,8 см (или на 16-17%) превышал вариант с минеральным фоном.

Применение гранул удобрений линейки АгроМаг увеличивало скорость созревания клубней и накопления их массы, что приводило к формированию большего количества клубней крупной фракции (> 60 мм) при сохранении количества клубней семенной фракции и уменьшении доли мелких клубней по сравнению с применением только традиционных NPK-удобрений.

Экспериментальные данные показали, что в варианте без удобрений количество клубней было минимальным и составляло 11,5 шт./куст, при относительно низкой массе (89 г) продовольственного (> 60 мм) и семенного (62 г) клубня (30-60 мм). В варианте с минеральным фоном (вар. 2) было сформировано в среднем, 12,5 клубней/куст при массе продовольственного клубня 143 г и семенного - 66 г. В вариантах с дополнительным применением весной под культивацию и при посадке удобрения АгроМаг гранулированный марка MgO+S 49:20 общее количество клубней выросло до 14,2 и 14,8 шт./куст соответственно, при снижении разрыва между массой продовольственных клубней (162-196 г) и клубней средней фракции (79-87 г). В 8 варианте с локальным применением удобрения АгроМаг гранулированный марка MgO+B 57:1 количество клубней с одного куста составляло 13,5 шт., при этом средняя масса продовольственного клубня составляла 203 г., а семенного – 75 г. Следовательно, применение магниевых серо и борсодержащих удобрений способствует улучшению выровненности фракционного состава урожая.

Наилучшая структура урожая, главным образом, формирование клубней на продовольственные цели, сложилась в 4-ом варианте с удобрением АгроМаг гранулированный марка MgO+S 49:20, в 7-ом и 8-ом вариантах при внесении АгроМаг гранулированный марка MgO+B 57:1: средняя масса клубня составляла 184-203 г, против соответствующих значений в контрольном варианте – 89 г и 143 г. Наибольший выход в опыте семенной фракции клубней в пересчете на гектар – 462,0 тыс. шт./га, получен в 5-ом варианте с внесением весной АгроМаг марки MgO+S 49:20 в дозе 120 кг MgO/га, что на 13,9% выше варианте с минеральным фоном (441,0 тыс. шт./га).

Улучшение структуры урожая в вариантах с применением на фоне NPK магнийсодержащих удобрений с серой и бором положительно повлияло на рост урожайности картофеля (рис. 1).

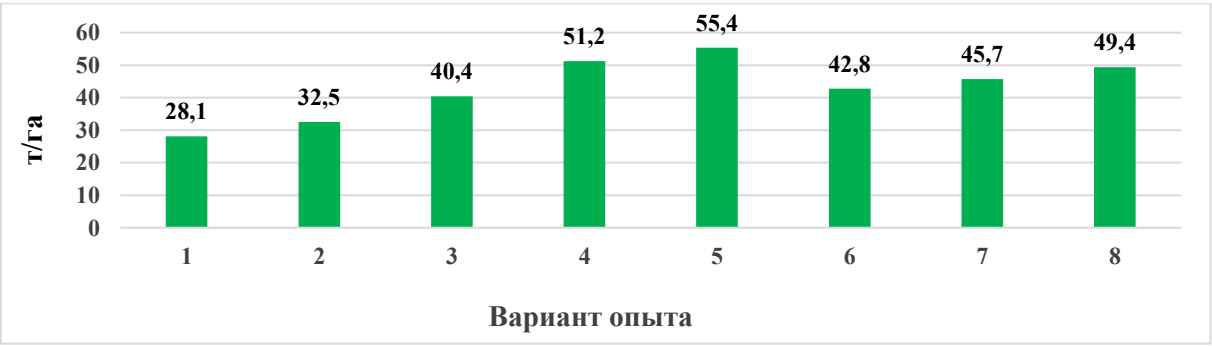


Рис. 1. Урожайность картофеля
в зависимости от способов применения магнийсодержащих удобрений АгроМаг ($НСР_{05}$-1,5 т/га)

В условиях вегетационного сезона 2025 г. урожайность картофеля колебалась от 28,1 и 32,5 т/га в контрольных вариантах без удобрений и на фоне NPK соответственно, до 40,4 - 55,4 т/га в вариантах с опытными удобрениями на минеральном фоне. Прибавка урожайности в вариантах с магнийсодержащими удобрениями различных марок и при разных способах применения составила 7,9-22,9 т/га, или 24,3-70,5% в сравнении с минеральным фоном.

Наиболее высокие прибавки урожая клубней получены при внесении на лёгкой дерново-подзолистой почве обеих марок удобрений под весеннюю культивацию и при посадке (4-й, 5-й, 7-й и 8-й варианты). Осеннее внесение удобрений было менее эффективным, на их фоне получены меньшие, но тоже достоверные ($НСР_{05}$ – 1,5 т/га) прибавки относительно минерального фона: внесение гранул АгроМаг марки MgO+S 49:20 (3 вар.), обеспечило прибавку урожайности 7,9 т/га, или 24,3%, и АгроМаг марки MgO+B 57:1 (6 вар.) – 10,3 т/га, или 31,7%.

Внесение минеральных удобрений (2 вар.) способствовало повышению урожайности относительно контроля, но, при этом, снижалось содержание сухого вещества, крахмала и витамина С при одновременном повышении концентрации нитратов в товарной фракции клубней (табл. 2).

Таблица 2

Биохимические показатели качества клубней картофеля сорта Жуковский ранний, 2025 г.

№	Варианты опыта	Содержание в клубнях			
		сухое вещество, %	крахмал, %	витамин С, мг%	нитраты, мг/кг клубней
1	Без удобрений	17,2	11,5	20,3	43
2	$N_{90}P_{90}K_{160}$-Фон (Ф)	16,3	10,6	16,5	106
3	Ф+ $Mg_{200}S_{80}$ (АгроМаг MgO+S 49:20, осенью)	16,9	11,2	17,7	60
4	Ф+ $Mg_{120}S_{42}$ (АгроМаг MgO+S 49:20, весной)	16,0	10,5	17,8	77
5	Ф + $Mg_{120}S_{42}$ (АгроМаг MgO+S 49:20, при посадке)	16,0	10,3	18,5	85
6	Ф+ $Mg_{200}B_{3,5}$ (АгроМаг MgO+B 57:1, осенью)	16,7	11,0	17,5	67
7	Ф + $Mg_{120}B_2$ (АгроМаг MgO+B 57:1, весной)	16,3	10,6	19,6	73
8	Ф + $Mg_{120}B_2$ (АгроМаг MgO+B 57:1, при посадке)	16,2	10,6	21,2	81
$НСР_{05}$		1,0	0,9	1,2	19

Содержание сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля опытных вариантов, несмотря на значительное повышение урожайности, сохранялось на уровне минерального фона. При этом наблюдалась тенденция к повышению этих показателей относительно фона NPK в вариантах с осенним внесением обеих марок (3 и 6 вар.) и тенденция к снижению – в вариантах с весенним и при локальном применением удобрениях.

Таким образом, в контрольном варианте без удобрений было собрано 3,23 т/га крахмала, в варианте с минеральным фоном – 3,45 т/га. В опытных вариантах, благодаря формированию содержания крахмала в клубнях на уровне 10,3 – 11,2% при значительном росте урожайности, было собрано на 1,07 – 2,26 т/га (31-65 %) больше крахмала, чем в фоновом варианте и на 1,29 – 2,48 т/га (40 – 77%) относительно контроля без удобрений. Больше всего крахмала было получено в 5-ом и 8-ом вариантах с локальным внесением удобрений АгроМаг, обогащенных серой и бором.

Содержание витамина С в продукции, полученной в вариантах с применением магнийсодержащих удобрений в различных дозах и при различных способах применения (3-5 и 7-8 варианты) достоверно повышалось на 1,2-4,7 мг % по сравнению с минеральным фоном.

В условиях 2025 года уровень содержания нитратов в продукции был значительно ниже нормативно допустимой концентрации и составляло – 43-106 мг/кг (ПДК = 250 мг/кг сырых клубней), при этом максимальная концентрация нитратов в клубнях наблюдалась на минеральном фоне, а добавление магнийсодержащих удобрений к расчетной дозе NPK снижало концентрацию нитратов в клубнях до 60-85 мг/кг (или на 20-43%), против 106 мг/кг в варианте минерального контроля.

Анализ состояния урожая показал, что несмотря на преобладание обильных осадков в 2025 году, распространение болезней на клубнях картофеля: фитофтороз, сухая и мокрая гнили, склероции ризоктониоза и язвы парши обыкновенной, в отобранных пробах были выявлены на единичных клубнях, общая пораженность не превысила 4,4% (минеральный контроль) и 4,8% (без удобрений), что свидетельствует о высоком качестве (иммунитете) оздоровленного семенного материала, применявшегося на опыте и дезинфицирующем свойстве магниевых удобрений.

Добавление магния к системе питания картофеля в форме гранул АгроМаг двух марок к полному минеральному NPK-удобрению снижала распространение болезней и пораженность клубней основными видами заболеваний до 1,2-2,7% или в 1,6-3,7 раза относительно NPK-фона. При этом, наиболее здоровые клубни получены в условиях весеннего внесения гранул АгроМаг марок MgO+S 49:20 – 98,2 %, и MgO+B 57:1 – 98,8% соответственно.

Внесение разными способами и различными дозами магнийсодержащих удобрений АгроМаг оказало положительное влияние параметры плодородия дерново-подзолистых слабокислых почв: снижается кислотность почвенного раствора (рис. 2-4).

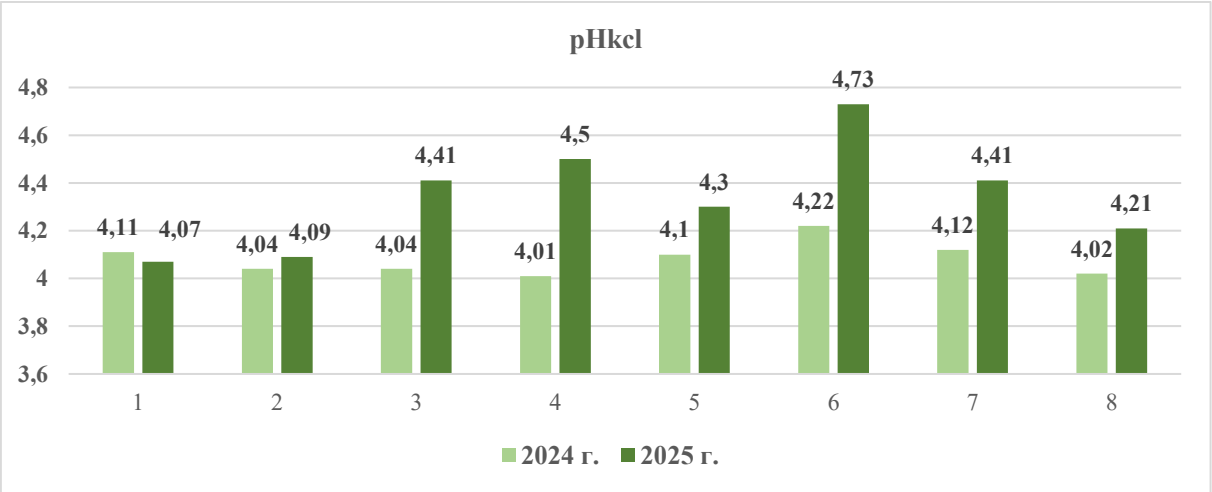


Рис. 2. Динамика показателя потенциальной кислотности ($НСР_{05}$ – 0,21 ед. pH)

Как показывают данные рисунка 2, положительная динамика снижения потенциальной кислотности почвенной среды наблюдалась в пространстве (относительно 1-о и 2-ого контрольного и фонового вариантов) и времени (относительно значений 2024 г.) от применения обеих марок удобрения АгроМаг при осеннем и весеннем внесении. В вариантах с внесением гранул АгроМаг марки MgO+S 49:20 (3 и 4 вар.) в дозе 120 и 200 кг MgO/га величина pH_{KCl} повысилась на 0,37-0,49 ед. от исходного значения, полученного до применения удобрений в 2024 г., и на 0,32-0,41 ед. относительно минерального фона в 2025 году соответственно. Внесение удобрения АгроМаг гранулированный марка MgO+B 57:1 осенью в дозе 200 кг MgO/га обеспечило наибольший сдвиг pH_{KCL}: с 4,22 ед. до 4,73 ед.

Аналогичные закономерности выявлены в изменении гидролитической кислотности, значения которой осенью 2025 года в вариантах с магнийсодержащими удобрениями достоверно (с учётом $НСР_{05}$ – 0,15 мг-экв./100 г почвы) снизились до 3,24-3,87 мг-экв./100 г (на 6-27%), против 4,53 и 4,44 мг-экв./100 г в контрольном (без удобрений) и фоновом вариантах соответственно.

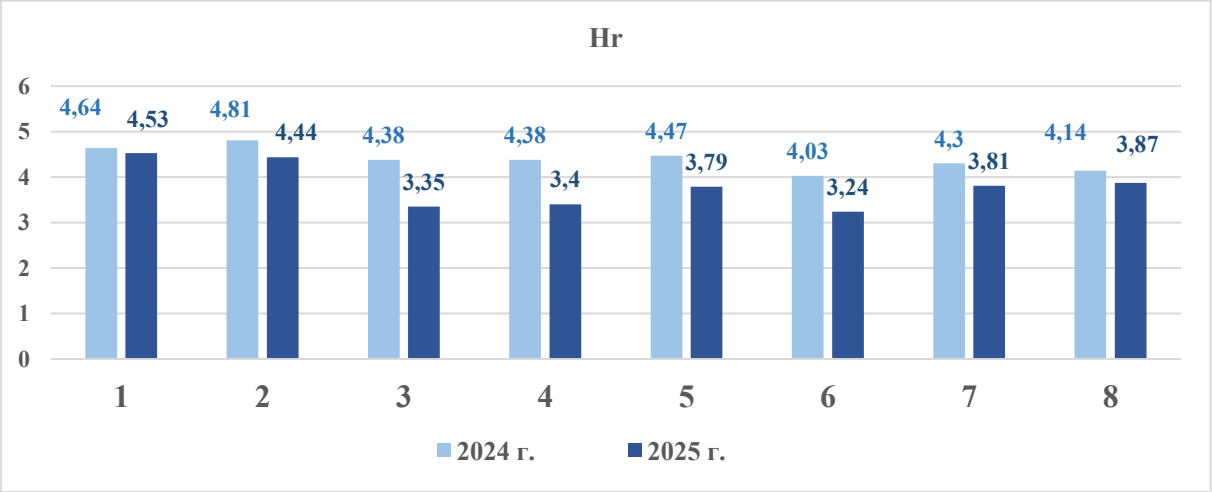


Рис. 3. Динамика гидролитической кислотности в зависимости от применения удобрений ($НСР_{05}$ –0,15 мг-экв/100 г почвы)

Анализируя результаты по динамике содержания обменных форм кальция и магния в почве, можно констатировать, что в контрольном и фоновом вариантах после уборки урожая картофеля наблюдалась тенденция к снижению этих показателей относительно их исходного содержания перед закладкой опыта, что, вероятно, связано с выносом урожаем картофеля и вымывания элементов под действием выпавших обильных осадков 2025 г. (рис. 4).

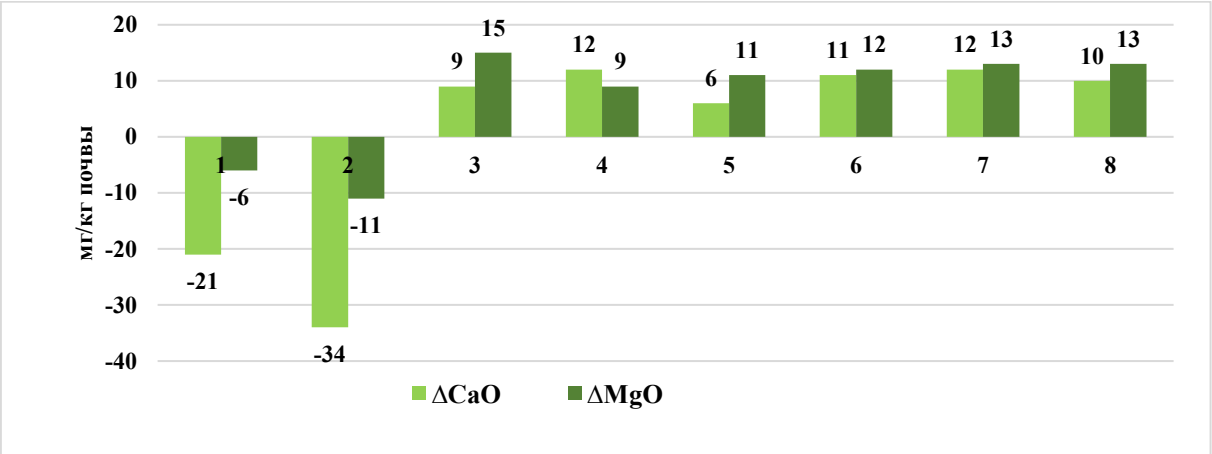


Рис. 4. Динамика содержания обменных форм CaO и MgO
в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве ($НСР_{05\ CaO}$ - 26, $НСР_{05\ MgO}$ - 18 мг/кг)

В вариантах с внесением гранул АгроМаг обеих марок сохранялся положительный баланс обменных форм кальция и магния в почве, несмотря на получение высокого урожая и, соответственно, увеличения выноса элементов растениями в процессе вегетации на удобренных делянках.

Заключение. Применение гранул АгроМаг, обогащенных серой и бором, в дозе 120 кг MgO/га весной под культивацию (4 и 5 вар.) и при посадке картофеля (7 и 8 вар.) обеспечивают формирование продукции с наиболее высокими значениями хозяйственно-ценных признаков (урожайность, структура урожая, качество клубней). Прибавки урожайности относительно минерального фона от совместного применения весной и при посадке магния и серы составили 19 и 23 т/га, или 57 и 70 %, магния и бора 13 и 17 т/га, или 40 и 52% соответственно.

Содержание сухого вещества и крахмала в опытных вариантах (3-8 вар.) сохранялось в пределах сортовой особенности и, благодаря формированию содержания крахмала в клубнях на уровне 10,3-11,2% при значительном росте урожайности, было собрано на 1,07-2,26 т/га (31-65%) больше крахмала, чем в фоновом варианте. Содержание витамина С в клубнях вариантов с применением магнийсодержащих удобрений в различных дозах и при различных способах применения (3-5 и 7-8 вар.) достоверно повышалось на 1,2-4,7 мг %.

Наибольший сдвиг кислотности почв в нейтральную сторону наблюдался в вариантах с осенним внесением гранул АгроМаг обеих марок (3 и 6 вар.): обменная кислотность снизилась до 4,41 и 4,73 ед. pH, гидролитическая кислотность – до 3,24 и 3,35 мг-экв/100 г, сумма обменных оснований повысилась до 3,8 и 3,9 мг-экв/100 г, а степень насыщенности основаниями – до 53,1 и 54,6% соответственно.

Наиболее благоприятные агрохимические параметры были выявлены в 3-4 и 6-7 вариантах (АгроМаг гранулированный марок MgO+S 49:20 и MgO+B 57:1 при осеннем и ранневесеннем внесении): pH – 4,4-4,7 ед., Нг – 3,24-3,81 мг-экв/100 г, сумма поглощенных оснований – 3,8-4,0 мг-экв/100 г, степень насыщенности – 51,2-54,6%, содержание подвижного фосфора 311-316 мг/кг, обменного калия 100-107 мг/кг, обменных кальций и магния 338-359 и 90-104 мг/кг почвы соответственно.

Список источников

1. Аристархов А. Н. Оптимизация полиэлементного состава в агроэкосистемах России // Эколого-агрохимическая оценка состояния дефицита, резервов, способов и средств его устранения. Под ред. академика РАН Сычева В. Г. М.: ВНИИА, 2019. 832 с.

2. Аристархов А. Н. Агрохимия серы. Под ред. Акад. РАСХН Сычева В. Г.; Российская акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Всероссийский науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. И. Прянишникова. Москва: ГНУ ВНИИА, 2007. 272 с. ISBN: 978-5-9238-0079-1 EDN: OUGVLH

3. Аканова Н. И., Гребенникова Т. В., Визирская М. М. Агроэкологическое значение серы и потребность в серосодержащих удобрениях в земледелии России // Плодородие. 2022. №4. С. 83-87 DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.21 EDN: LVHAUX

4. Cakmak I., Yazici A.M. Magnesium: a forgotten element in crop production // Better Crops, 2010, Vol. 94, № 2. P. 23-25.

5. Сенькова Л. А., Гринец Л. В. Влияние микроудобрений на урожайность картофеля // Журнал биологических наук и сельского хозяйства. 2025, Т.1, №2, С. 44-51 DOI: 10.63490/3034-6797-2025-01-02-44-51 EDN: JNIZYH

6. Аканова Н. И., Козлова А. В., Федотова Л. С., Тимошина Н. А. Эффективность новых форм магниевых удобрений при возделывании картофеля // Плодородие. 2022. №1. С. 7-9. DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.02 EDN: ZEMHOS

7. Аканова Н. И., Козлова А. В., Серегина И. И., Полухин А. А., Кутырева Д. Е. Эффективность магниевого удобрения АгроМаг в агроценозе с картофелем в зависимости от почвенно-климатических условий // Плодородие. 2024. №5. С. 70-74. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.15 EDN: PKVETR

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. EDN: ZJQBUD

9. Кирюхин В. П., Ладыгина Е. А., Чеголина М. М., Парфенова А. В. (1989). Методика физиолого-биохимических исследований картофеля. М.: НИИКХ, 1986. 142 с.

10. Жевора С. В., Федотова Л. С., Старовойтов В. И., Зейрук В. Н., Коршунов А. В., Пшеченков К. А., Князева Е. В. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле. 2019. ISBN: 978-5-901282-26-7 EDN: DMROXP

11. Юдин Ф. А. Методика агрохимических исследований. Москва: Колос, 1971. 272 с.

12. Аканова Н. И., Федотова Л. С., Козлова А. В., Тимошина Н. А., Князева Е. В. Влияние магнийсодержащего удобрения на продуктивность картофеля // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10. № 3. С. 3-10. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10.

References

1. Aristarkhov, A. N. (2019). Optimization of polyelement composition in agroecosystems of Russia. *Ecological and agrochemical assessment of the state of deficiency, reserves, methods and means of eliminating it.* Edited by Academician of the Russian Academy of Sciences V. G. Sychev. Moscow: VNIIA. 832. (in Russian).

2. Aristarkhov, A. N. (2007). Agrochemistry of sulfur. Edited by Acad. RASKHN Sycheva V. G.; Russian Academy of Agricultural Sciences, State Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute. D. I. Pryanishnikov Institute of Agrochemistry. Moscow: GNU VNIIA. 272. ISBN: 978-5-9238-0079-1 EDN: OUGVLH (in Russian).

3. Akanova, N. I., Grebennikova, T. V. & Vizirskaya, M. M. (2022). Groecological significance of sulfur and the need for sulfur-containing fertilizers in agriculture in Russia. *Plodorodie*. 4. 83-87. DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.21 EDN: LVHAUX (in Russian).

4. Cakmak, I. & Yazici, A. M. (2010). Magnesium: a forgotten element in crop production. *Better Crops.* 94, 2. 23-25.

5. Senkova, L. A. & Grinec, L. V. (2025). The effect of microfertilizers on potato yield. *Journal of Biological Sciences and Agriculture*. 1, 2. 44-51 DOI: 10.63490/3034-6797-2025-01-02-44-51 EDN: JNIZYH (in Russian).

6. Akanova, N. I., Kozlova, A. V., Fedotova, L. S. & Timoshina, N. A. (2022). The effectiveness of new forms of magnesium fertilizers in potato cultivation. *Plodorodie*. 1. 7-9. DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.02 EDN: ZEMHOS (in Russian).

7. Akanova, N. I., Kozlova, A. V., Seregina, I. I., Polukhin, A. A. & Kutyreva, D. E. (2024). The effectiveness of the AgroMag magnesium fertilizer in an agrocenosis with potatoes, depending on soil and climatic conditions. *Plodorodie*. 5. 70-74. DOI: 10.25680/S19948603.2024.140.15 EDN: PKVETR (in Russian).

8. Dospekhov, B. A. (1985). Methodology of Field Experiments. Moscow: Kolos. EDN: ZJQBUD (in Russian).

9. Kiryukhin, V. P., Ladygina, E. A., Chegolina, M. M., & Parfenova, A. V. (1989). Methodology of physiological and biochemical studies of potatoes. *Moscow: NIIKH*. (in Russian).

10. Zhevora, S. V., Fedotova, L. S., Starovoitov, V. I., Zeyruk, V. N., Korshunov, A. V., Pshechenkov, K. A., & Knyazeva, E. V. (2019). Methodology for conducting agrotechnical experiments, records, observations, and analyses on potatoes. (in Russian).

11. Yudin F. A. (1971). Methodology for agrochemical research. Moscow: Kolos. 272. (in Russian).

12. Akanova, N. I., Fedotova, L. S. Kozlova, A. V. Tymoshina, N. A. & Knyazeva, E. V. (2025). The influence of magnesium containing fertilizers on potato productivity. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 10, 3, 3-10. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-3-3-10. (In Russian).

Информация об авторах:

Алевтина Валерьевна Козлова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий технический специалист;
https://orcid.org/0000-0001-8881-169X; a.kozlova@brucite.plus

Наталья Ивановна Аканова✉, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник;
https://orcid.org/0000-0003-3153-6740; n_akanova@mail.ru

Наталья Александровна Тимошина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
https://orcid.org/0000-0002-5204-7922; n-timoshina-1@yandex.ru

Information about the authors:

Alevtina V. Kozlova, Candidate of Agricultural Sciences, Leading technical specialist;
https://orcid.org/0000-0001-8881-169X; a.kozlova@brucite.plus

Natalya I. Akanova✉, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher;
https://orcid.org/0000-0003-3153-6740; n_akanova@mail.ru

Natalya A. Timoshina, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher;
https://orcid.org/0000-0002-5204-7922; n-timoshina-1@yandex.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.07.2026; одобрена после рецензирования 18.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 26.07.2026; approved after reviewing 18.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научный обзор
УДК 635:631.52
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-13-34

БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ ГЕТЕРОЗИСНОЙ СЕЛЕКЦИИ И ГИБРИДНОГО СЕМЕНОВОДСТВА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР (ОБЗОР)

А. Ф. Бухаров[1], М. И. Иванова[1]✉, В. С. Морозова[1]
[1] Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО), Раменский район, Московская область, Россия.

Резюме. *Овощи необходимы для здоровья и благополучия человека. Семена являются основным ресурсом для поддержания высокого урожая овощных культур. Селекция является одним из основных факторов повышения урожайности, качества, устойчивости (к болезням, вредителям, абиотическим факторам внешней среды), пригодности к механизированному выращиванию, хранению, переработке и других показателей, необходимых новым сортам. Гетерозисная селекция способна решать эти и другие задачи на качественно ином, более высоком уровне для того, чтобы сорта овощей могли конкурировать на рынке. В статье показаны основные этапы становления гетерозисной селекции овощных культур. Изложены существующие теории для объяснения возникновения гетерозисного эффекта, в том числе: доминирования, сверхдоминирования, генного баланса и основные цели, которые решает гетерозисная селекция (урожайность, однородность, защиты авторских прав). Поскольку одно из главных требований, предъявляемых к гетерозисным гибридам это их выровненность, то контроль, за опылением и недопустимость их засорения, в том числе в результате самоопыления материнской фомы является принципиально важным. Охарактеризованы способы контроля за опылением (механический, химический и генетический). Для разных групп растений, отличающихся по способу опыления, другим особенностям системы размножения, этот вопрос решался по-своему. Имеет значение размер и строение цветка, способы опыления (перекрестное и самоопыление), способы переноса пыльцы (прежде всего анемофилия и энтомофилия) и другие признаки культурных растений, которые очень важно учитывать в процессе гетерозисной селекции. Химическая стерилизация (кастрация) с помощью гаметоцидов является достаточно эффективным способом контроля опыления в отношении культур, у которых цветки или очень мелкие, или содержат мало семяпочек, чтобы применять (экономически оправданно) ручную кастрацию. Генетический контроль (ядерными и цитоплазматическими факторами) опыления предусматривает использование биологических (наследственно обусловленных) особенностей строения репродуктивной сферы, препятствующих самоопылению. Расмотрены морфологические образования, препятствующие самоопылению, которые представляют интерес для гибридного семеноводства. Это - явление самонесовместимости и различного рода мужски стерильности, в том числе истинная (связанная с отсутствием тычинок, образованием нежизнеспособной пыльцы) и функциональная, обусловленная неспособностью тычинок вскрываться, наличием длинного столбика. Отмечена роль маркерных признаков для гибридного семеноводства. Обсуждаются возможности гетерозисной селекции для устойчивого улучшения производства семян овощных культур.*

Ключевые слова*:* овощные культуры, гетерозис, контроль опыления, двудомность, самонесовместимость, мужская стерильность, химическая стерилизация

Для цитирования: Бухаров А. Ф., Иванова М. И., Морозова В. С. Базовые принципы гетерозисной селекции и гибридного семеноводства овощных культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. 13-34. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-13-34

Scientific Review Article

BASIC PRINCIPLES OF HETEROSIS SELECTION AND HYBRID SEED PRODUCTION FOR VEGETABLE CROPS

A. F. Bukharov[1], M. I. Ivanova[1]✉, V. S. Morozova[1]
[1] All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing" (VNIIO – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FNTSO), Ramenskiy district, Moscow region, Russia.

Abstract. Vegetables are essential for human health and well-being. Seeds are the primary resource for maintaining high yields of vegetable crops. Breeding is a key factor in increasing yield, quality, resistance (to diseases, pests, and abiotic environmental factors), suitability for mechanized cultivation, storage, processing, and other characteristics required for new varieties. Heterotic breeding can address these and other challenges at a qualitatively new, higher level, enabling vegetable varieties to compete in the marketplace.

© Бухаров А. Ф., Иванова М. И., Морозова В. С., 2026

This article describes the key stages in the development of heterotic breeding in vegetable crops. Existing theories explaining the heterotic effect are presented, including dominance, overdominance, gene balance, and the main goals achieved by heterotic breeding (yield, uniformity, and copyright protection). Since uniformity is one of the main requirements for heterotic hybrids, pollination control and prevention of contamination, including through self-pollination of the parent plant, are fundamentally important. Pollination control methods (mechanical, chemical, and genetic) are described. This issue was addressed differently for different plant groups, which differ in pollination methods and other reproductive system characteristics. Flower size and structure, pollination methods (cross-pollination and self-pollination), pollen transfer methods (primarily anemophily and entomophily), and other traits of cultivated plants are important to consider during heterotic breeding. Chemical sterilization (castration) using gametocides is a fairly effective method of pollination control for crops whose flowers are very small or contain few ovules, making manual castration economically feasible. Genetic control (by nuclear and cytoplasmic factors) of pollination involves exploiting biological (hereditary) structural features of the reproductive system that inhibit self-pollination. Morphological features that inhibit self-pollination and are of interest for hybrid seed production are discussed. These include self-incompatibility and various types of male sterility, including true (associated with the absence of stamens and the formation of nonviable pollen) and functional (associated with the inability of stamens to dehisce and the presence of a long style). The role of marker traits in hybrid seed production is highlighted. The potential of heterotic breeding for sustainable improvement of vegetable seed production is discussed.

Keywords: vegetable crops, heterosis, pollination control, dioecy, self-incompatibility, male sterility, chemical sterilization

For citation: Bukharov, A. F., Ivanova, M. I., & Morozova, V. S. (2026). Basic Principles of Heterosis Breeding and Hybrid Seed Production of Vegetable Crops. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4, 13-34. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-13-34 (in Russian).

Введение. Овощи играют важную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Они богаты питательными веществами, минералами и витаминами. Овощи, будучи источником продуктов функционального назначения, могут предотвратить ряд хронических заболеваний [1, 2, 3].

Селекция является одним из основных факторов повышения урожайности, качества, устойчивости (к болезням, вредителям, абиотическим факторам внешней среды), пригодности к механизированному выращиванию, хранению, переработке и других показателей, необходимых новым сортам. Гетерозисная селекция способна решать эти и другие задачи на качественно ином, более высоком уровне [4, 5, 6].

Открытие и практическое использование гетерозиса стало новой эпохой в селекции и семеноводстве. Гетерозис – это фундаментальное явление природы, далеко еще не познанное. Существует два очень близких явления - гетерозис и трансгрессия, которые по-разному выявляют, размножают и сохраняют. Однако их сближает главное общее свойство –уникальное сочетание генов. Гетерозисная селекция включает несколько этапов: создание выровненного линейного материала, скрещивание линий во всех возможных комбинациях и отбор из гибридного фонда образцов с максимальным гетерозисным эффектом.

Существует несколько теорий для объяснения возникновения гетерозисного эффекта, в том числе: доминирования, сверхдоминирования, генного баланса, гипотеза В. А. Струнникова о компенсационном комплексе генов, предположений об активизации физиологических и биохимических процессов у гибридов и многие другие [7-11]. Но ни одна из этих теорий не способна полностью отразить сущность явления гетерозиса.

Задачи, которые решает гетерозисная селекция. Одна из главных задач, которую решает гетерозисная селекция – это урожайность. Проблема гетерозиса – прежде всего проблема продуктивности, и эти два феномена необходимо рассматривать во взаимосвязи и взаимозависимости [12].

1. Для решения этой задачи проводят оценку на урожайность очень большого числа гибридных комбинаций, из которых выбирают наиболее выдающиеся по параметрам продуктивности. Для того чтобы сузить объем селекционного материала, из которого производят отбор гибридов, были разработаны специальные методы подбора исходных родительских форм.

Методика выявления родительских форм с высокой комбинационной способностью (обеспечивающих высокий гетерозисный эффект) основана на оценке гибридов, получаемых в результате скрещивания группы (6-12 шт.) исходных линий во всех (или за определенным исключением) возможных комбинациях (диаллельных скрещиваниях) [6, 13-14].

В ходе определения комбинационной способности в системе диаллельных скрещиваний рассчитывают основные статистические параметры (общая комбинационная способность, специфическая комбинационная способность и реципрокный эффект) [13, 15-17].

Эта методика может быть использована для оценки и отбора не только по урожайности, но и по любым другим признакам. Она широко апробирована в нашей стране при селекции томата [18-20], перца [21-24], огурца и бахчевых [25-27], капусты [28-30], моркови [31-35] и других культур [36-38]. Оценка в системе диаллельных скрещиваний нашла применение и для генетического анализа количественных признаков, в том числе для определения числа генов, контролирующих признак, характер их взаимодействия и многое другое [6,16,17].

2. Не менее важной задачей, стоящей перед гетерозисной селекцией, является выровненность создаваемых сортов. Это решается путем вовлечения в скрещивания, специально создаваемых для этого максимально гомозиготных линий. Первоначально это решали с помощью многократного последовательного (5-10) инцухтирования исходного образца, обладающего комплексом хозяйственно важных признаков [4,5,12,13]. Позднее для этой цели стали использовать гаплоиды, возникающие в процессе искусственно стимулированного апомиксиса. Удвоение числа хромосом таких гаплоидов позволяло получить высоковыровненный линейный материал ускоренным методом [39-40]. Кардинально решить вопрос создания гомозиготного линейного материала для гетерозисной селекции быстро и в больших количествах удалось с помощью методов биотехнологии [41-44].

3. Использование в торговле семян гетерозисных гибридов обеспечивает также задачу защиты авторских прав, чтобы предотвратить бесконтрольное их использование. Поскольку воспроизвести (точно) гетерозисный гибрид, не обладая исходными родительскими формами, практически невозможно. Для сохранения приватности и авторской эксклюзивности прав на производство семян своего сорта селекционеры разрабатывали и другие дополнительные приемы [29, 44].

Контроль за опылением является принципиально важным элементом гетерозисной селекции, поскольку обеспечивает надежное опыление материнской формы пыльцой отцовской и гарантированно предупреждает самоопыление материнского родителя. Поскольку одно из главных требовований, предъявляемыхк гетерозисным гибридам – это их выровненность, то контроль за опылением и недопустимость их засорения, в том числе в результате самоопыления материской формы, является принципиально важным. С этой целью разработаны способы контроля за опылением, в том числе механический, химический и генетический.

Кроме того, имеет значение размер и строение цветка, способы опыления (перекрестное и самоопыление), способы переноса пыльцы (прежде всего анемофилия и энтомофилия) и другие признаки культурных растений, которые очень важно учитывать в процессе гетерозисной селекции.

Механический способ контроля опыления, а также создания и размножения гетерозисных гибридов основан на проведении ручной кастрации (удалении тычинок) и последующем опылении [45]. При увеличении потребностей в гибридных семенах производить их этим методом стало затруднительно. Возникли технические приемы, способствующие снижению доли ручного труда и повышению экономической эффективности гибридного семеноводства. Для разных групп растений, отличающихся по способу опыления и некоторым другим особенностям системы размножения, этот вопрос решался по-своему.

Для самоопылителей (особенно облигатных) и даже перекрестников, имеющих крупные цветки и большое число семяпочек в завязи, сохранился ручной способ получения гибридных семян (механический контроль опыления с помощью ручной кастрации), поскольку он обеспечивал качество (выровненность) и достаточно высокий выход семян (100 штук и более) на один опыленный цветок. Однако такой способ семеноводства F_1 гибридов оправдан для особо эксклюзивных (требующих высочайшего сортового качества семян, у которых это высоко затратный метод экономически обоснован) культур и сортов. Например, для выращиваемых в зимних теплицах сортов томата, огурца, перца, дыни и некоторых других, в том числе цветочных культур. В любом случае объем производства таких семян ограничен их высокой стоимостью.

Химическая стерилизация (кастрация) с помощью гаметоцидов стала достаточно эффективным способом контроля опыления, особенно в отношении культур, у которых цветки или очень мелкие, или содержат мало семяпочек, чтобы применять (экономически оправданно) ручную кастрацию. При отсутствии наследственно обусловленной стерильности ее можно индуцировать с помощью химических веществ (малеиновый гидразид, гиббереллины, далапон, мендок, этефон), которые нарушают нормальное развитие мужской сферы, не влияя на женскую. Такие вещества часто называют мужские стерилянты, подавители пыльцы, полленоциды, андроциды, но чаще используют термин химические гибридизирующие агенты или гаметоциды [46-47]. В качестве гаметоцидов используют гидразид малеиновой кислоты, трийодбензойная кислота, НУК, 2,4-Д, далапон, гиббереллин, этрел [48]. Высокую стерильность пыльцы обеспечивает ГМК в концентрации 200-500 ppm при трёхкратном опрыскивании на перце, луке, кориандре, томате, тыкве [49-51]. Индуцирование мужской стерильности с помощью гаметоцидов имеет ряд преимуществ. Среди наиболее важных – гибкий выбор родительских особей, быстрота процесса, отсутствие необходимости поддержания мужской стерильности. Использование гаметоцидов имеет и ряд недостатков, в том числе специфичность в дозировке, недостаточная длительность действия, зависимость от факторов окружающей среды, остаточные эффекты, переносимые в семена F_1, фитотоксичность.

Химический метод изменения пола цветка с помощью ФАВ (ГМК, ТИБА, НУК, ИМК, ССС) разработан для видов с нестабильным проявлением пола у материнских линий. Наиболее высокая эффективность и стабильность индуцирования женского цветения характерно для этрела при 2-3 кратной обработке растений водным раствором в возрасте 2-5 листьев. Оптимальная концентрация этрела изменяется в пределах от 100 до 1100 ppm для разных овощных культур. Максимального успеха в изменении половой экспрессии и последовательности цветения удалось достичь у тыквенных культур путем сочетания признака частичной двудомности и смещения пола с

помощью химических веществ. Это оказалось эффективно у огурца [52-53], дыни [54-56], тыквы [57-60], арбуза [61], кабачка [62-65].

Изменение доли женских цветков может происходить за счет увеличения их численности, то, как правило, увеличивается и продуктивность растения, но иногда сопровождается общим угнетением растений и снижением урожайности [66-68]. Степень эффективности модифицирующего эффекта ФАВ зависит от химической природы препарата и концентрации [69,70], видовых, сортовых особенностей стадии развития и физиологического состояния растения [71], условий внешней среды, агротехники и других факторов [72-74]. Результаты применения ФАВ могут быть нестабильными, даже и прямо противоположного действия [75-77].

Регуляторы роста, как правило, не оказывают вредного воздействия на окружающую среду, а изменяя половую выраженность и вызывая мужскую стерильность, могут в ряде случаев увеличивать завязываемость плодов и урожайность семян [78,79].

У самоопыляющихся культур, имеющих мелкие цветки**,** возникают наибольшие трудности при создании (особенно при размножении) гетерозисных гибридов. Так, у салата трудности связаны как с кастрацией, так и опылением. Для кастрации изначально использовали ручной метод, при которой пинцетом удаляли пыльники до начала цветения. Затем был разработан метод, при котором проводился смыв пыльцы при открывании цветков (метод однократного смывания пыльцы). Позднее был предложен метод Clip and wash (C&W), способ кастрации, при котором сначала срезают венчики в соцветии (перед открытием цветков), а затем (при появлении пестика), остатки пыльцы смывают водой и при раскрытии долей рыльца проводят опыление [80-83]. Однако все они оказались малопроизводительными, (гибридность составила от 0 до 76%) и пригодными, в основном, для селекционных целей [84, 85].

Получены данные об использовании для кастрации различных химических веществ, а для опыления - мух [81, 82]. В 2016 г. зарегистрирован патент на изобретение по получению семян гибрида *Lactuca sativa*, основанном на использовании генотипа с геном мужской стерильности *Ms7* и применении насекомых отряда двукрылых, принадлежащих к семейству Calliphorides [86].

Генетический контроль опыления предусматривает использование биологических (наследственно обусловленных) особенностей строения репродуктивной сферы, препятствующих самоопылению. Это позволяет отказаться от процесса кастрации цветков, уменьшает затраты ручного труда и снижает себестоимости семян ручного производства. Биологические особенности – это те морфологические ообразования, препятствующие самоопылению, которые губительны для растений в естественной среде, но представляют интерес для гибридного семеноводства. Это различного рода мужская стерильность, в том числе истинная, связанная с отсутствием тычинок, образованием нежизнеспособной пыльцы и функциональной обусловленной неспособностью тычинок вскрываться, наличием длинного столбика, выходящего за пределы венчика. В гетерозисной селекции нашли применение маркерных признаков. Для эффективного использования этих признаков в селекции необходимо предварительное тщательное исследование особенностей их наследования.

Использование морфологических маркеров (сигналей) оказалось достаточно простым способом семеноводства гетерозисных гибридов томата. Материнские формы с четкими маркерными признаками (штамбовость и картофельный тип листа) опыляли без кастрации отцовским родителем с нормальным генотипом, а в рассадный период отбраковывали все рецессивные гомозиготы. Оставшиеся растения составляли группу гетерозисных гибридов [87, 88].

Позднее было предложено использовать для скрещивания родительские формы, несущие рецессивные мутантные гены *d* и *aud*. При товарном производстве гибридов F_2 посевом семян в грунт растения, гомозиготные по мутантным генам, погибают (из-за пониженной жизнеспособности), а остаются только (до 90%) гетерозиготы [89].

На основе многолетних исследований предложена и апробирована схема семеновдства F_1 гибридов томата, основанная на использовании родительских форм с разными гомозиготными аллелями маркерных признаков *bs* и *bs-2* (коричневая окраска семян). Для естественного опыления рекомендовано использовать шмелей или пчел. Отделение гибридных, имеющих светлую окраску (гетерозиготных по генам *bs* и *bs-2*) семян, следует производить на фотосепараторе. Исследования показали, что гибридность семян с использованием предложенной схемы достигала 12,2%. Высказана также гипотеза о возможности использования второго поколения гетерзисных гибридов после их сортировки по окраске семян [20, 90].

У дыни в качестве маркеров используют признаки листовой пластинки (разрезнолистность, желтая окраска, отсутствие опушения) [27]. В гетерозисной селекции арбуза используют линии с двумя сигнальными признаками (светлая окраска плода – ген *q* и цельнолистность – ген *nl*) [91].

Функциональная мужская стерильность (ФМС) наследственно обусловлена, но не является в прямом смысле стерильностью, поскольку пыльца таких растений фертильна, но опыления не происходит из-за раличных

морфологических (ограничивающих функционирование) особенностей строении цветка. Много различных аномалий цветка, приводящих к ФМС, выявлено у томата. Один из типов ФМС – позиционная стерильность (*ps*, *ps-2*) первоначально выявлен у сортов Джон бер, Врбычанский низкий, а позднее и у других образцов, это связано с тем, что пыльники не растнескиваются [92, 93]. ФМС может быть обусловлена рецессивным геном *ex* и проявляться в виде длинностолбчатости (лонгостилии) [6, 88, 94, 96]. Наибольший интерес представляет сочетание этих признаков, что позволяет проводить опыление без кастрации. Существенным недостатком является доминантный или неполно доминантный характер наследования ФМС, поскольку даже незначительное проявление у F_1 гибридов ухудшает опыление и приводит к снижению завязывемости плодов и урожайности [97, 98]. Аналогичные генотипы с нераскрывающимися пыльниками или вытянутым рыльцем выявлены у баклажана, других овощных культур [99, 100], а также некоторых тыквенных, которые имеют развитую пыльцу, но нераскрывающиеся пыльники [101-104].

Для перекрестно опыляющихся растений (ветром или насекомыми) необходимость в ручном опылении отсутствует. Поэтому у таких культур исследования сводились, прежде всего, к поиску наиболее эффективных механизмов (наследственно обусловленных), препятствующих как самоопылению растений, так и опылению в пределах популяции материнской формы. В процессе эволюции таких приспособлений (морфологических и физиологических), способствующие перекрёстному опылению растения, выработали немало. Они стали основой генетического способа контроля за опылением в процессе гетерозисной селекции и семеноводства. Широкое применение нашли явления самонесовместимости, двудомности, гиноцийности, мужской стерильности (ядерной, цитоплазматической и ядерно-цитоплазматической), в том числе природные и созданные с помощью мутагенеза, отдаленной гибридизации и биотехнологии.

Самонесовместимость: неспособность пыльцы оплодотворить семяпочку того же цветка или других цветков того же растения. Самонесовместимость предотвращает самооплодотворение и способствует перекрёстному оплодотворению и наблюдается как у гермафродитных, так и у гомоморфных цветков. Реакция самонесовместимости генетически контролируется одним или несколькими мультиаллельными локусами и основана на серии сложных клеточных взаимодействий между самонесовместимой пыльцой и пестиком. Самонесовместимость подразделяется на гаметофитную и спорофитную. В гаметофитнй самонесовместимости взаимодействие пыльцы и рыльца определяется генотипом непосредственно пыльцы (томат, свекла) [6, 105, 106]. При спорофитной несовместимости реакция пыльцы определяется генотипом материнского растения, на котором развивается пыльца. Ярким примером такого взаимодействия являются овощные культуры семейства крестоцветные (капуста, дайкон, редис, брюква, репа) [107, 108]. Гетерозисные гибриды на основе самонесовместимости, как правило, являются 2-линейными, что определяет их выровненность. Для четырех линейных гибридов А.В. Крючков разработал специальную методику селекции, которая обеспечивала очень высокую их выровненность [108]. Использование самонесовместимости в создании F_1 гибридов имеет ключевое преимущество по сравнению со стерильностью, поскольку семена обоих родительских линий можно объединять, используя весь урожай [109].

Раздельнополость цветков. У двудомных (спаржа, шпинат, щавель) растений мужские и женские цветки находятся на разных растениях. Пол у этих видов определяется наличием половых хромосом, которые, однако, гомоморфны. Женские растения имеют в своем кариотипе XX хромосомы. Мужские растения гетерогаметны, имеют кариотип XY. Кроме того, существуют «супермужские» растения с гомогаметным кариотипом YY [110, 111]. Создание гетерозисных гибридов не представляет особых трудностей, поскольку отобрать женские растения достаточно просто, особенно у спаржи и щавеля, которые являются многолетниками. Однако приходится сочетать гетерозисный эффект с продуктивностью разных половых форм [112-114].

У однодомных (тыквенные, кукуруза) растений мужские и женские цветки располагаются на разных узлах одного растения. Описаны и более сложные половые формы [27, 55, 104, 110]. Такие растения характеризуются нестабильным проявлением пола. Под влиянием внешних или внутренних факторов у них происходит формирование тычинок или пестиков.

Изменение дифференциации пола цветка у таких растений – одно из важнейших направлений селекции и способов семеноводства. Применение материнских линий женского типа, созданных с использованием генетических механизмов наследственности, полностью оправдало себя при создании гетерозисных гибридов у однодомных, преимущественно тыквенных культур (огурец, дыня, арбуз, тыква), что позволяет снизить затраты труда за счет устранения операции кастрации [25, 27, 115]. Однако материнские формы с моноцийным типом цветения, как правило, обладают только частичной двудомностью и только в определенный период развития, в течение которого происходит избирательная диференциация пола цветков, поэтому требуют селекции на степень выраженности пола [116-118].

При высокой насыщенности материнской линии женскими цветками становится невозможным поддерживать семеноводство таких форм. Поэтому применяют обработку растений ГК или $AgNO_3$ чтобы вызвать появление мужских цветков, которые и используют для опыления с целью отбора и воспроизводства женских форм

[119-121]. Использование гиномоноцийных линий с маркерными признаками (изрезанный лист и желто-зеленая окраска) наиболее эффективно в селекции дыни [122-124].

Мужская стерильность обусловлена деформацией, аномальным развитием, атрофией, отсутствием тычинок или отсутствием нормально функционирующих пыльцевых зерен, что не позволяет осуществляться самооплодотворению, позволяет наиболее эффективно созавать F_1 гибриды.

Ядерная мужская стерильность (ЯМС) контролируется ядерными рецессивными генами, которые влияют на развитие тычинок и пыльцы.

У томата ЯМС, проявляющаяся в деформации колонки пыльников, недоразвитии тычинок, стерильности, отсутствии пыльцы и обусловленная серией аллельных и неаллельных *ms* генов, а также группой *as* генов, определяющих асинаптический мейоз [6,88,95]. Другая ЯМС, связанная с отсутствием тычинок (бестычинковость), которая также контролируется одним рецессивным *sl* или *sl-2* геном [93,94,125].

У перца известно несколько неаллельных генов стерильности, которые использованы для производства гетерозисных гибридов [99,100,112,125,127].

На основе материнской линии ЯМС арбуза с двумя сигнальными признаками (светлая окраска плода – ген *q* и цельнолистность – ген *nl*) созданы гетерозисные гибриды Темп F_1 и Дуэт F_1.

Мужская стерильная линия поддерживается путем скрещивания с гетерозиготным аналогом (закрепляющей линией). В потомстве (на участке производства гибридных семян с использованием системы ЯМС) от такого скрещивания будет 50% стерильных и 50% фертильных растений, последних требуется удалить. Это является существенным недостатком ЯМС [129]. Маркеры, которые тесно сцеплены с генами мужской стерильности и проявляются на стадии семян, сеянцев или рассады, могут помочь идентифицировать фертильные растения и удалить их до цветения, а иногда до посева. Сочетание ЯМС с маркерными признаками используется при производстве F_1 гибридов арбуза и дыни [127, 128, 130, 131].

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) контролируется внеядерными генами (цитоплазматическими факторами), расположенными преимущественно в митохондриальном геноме [132-136]. ЦМС характерна для большинства культур семейства крестоцветные. Наиболее известный пример ЦМС стерильной цитоплазмы S-Ogura, которая посредством многократных возвратных скрещиваний перенесена от *Raphanus* к различным видам рода *Brassica* [136,137]. В настоящее время селекция гетерозисных гибридов капусты преимущественно строится на использовании ЦМС-Ogura. Отсутствие генов восстановителей фертильности препятствует расщеплению F_1 гибридов и надежно защищает авторские права селекционера от тиражирования хозяйственно важных признаков [28-30, 138].

В процессе семеноводства F_1 гибридов урожай линии-опылителя отчуждается, что снижает сбор гетерозисных семян с единицы площади. Для повышения эффективности семеноводства важно, чтобы у родительских форм одновременно (или у опылителя чуть раньше) наступало цветение [29, 138]. Снижение семенной продуктивности материнской формы возможно в результате накопления гомозиготных S-аллелей, поэтому целесообразно вести отбор на самосовместимость, особенно в линиях, поддерживающих стерильность [29-30]. Размножение любых инцухтированных линий сопряжено со снижением (инбредной депрессии) их семенной продуктивности. Для повышения эффективности их семеноводства применяют стимулирующие (химческие и физические) факторы [139-141].

Ядерно-цитоплазматическая мужская стерильность (**ЯЦМС**) контролируется как ядерными, так и цитоплазматическими генами. Мужская стерильная линия (S) поддерживается скрещиванием с линией, имеющей тот же геном, но несущей нормальную (N) фертильную цитоплазму. Восстановление фертильности осуществляется генами-восстановителями фертильности (*Rf*). Гены *Rf* не экспрессируются самостоятельно, если нет стерильной цитоплазмы. Гены *Rf* необходимы для восстановления фертильности в цитоплазме S, что вызывает стерильность. Таким образом, цитоплазма N всегда фертильна, а стерильная цитоплазма с геном *Rf* производит фертильные растения, в то время как цитоплазма S с генами *rfrf* производит только растения с мужской стерильностью. Системы ЯЦМС широко используются в овощных культурах, в том числе моркови, свеклы, лука, дайкона, редьки, редиса [142,143].

ЯЦМС моркови во всем мире используется для производства семян F_1 гетерозисных гибридов. В нашей стране основоположниками использования стерильных форм в селекции моркови были М. К. Литвинова, Б.В. Квасников, Н. И Жидкова, М. В. Кравцова, Н. И. Тимин [31-34, 144, 145]. Их исследования продолжили М.С. Бунин, Ю.Г. Михеев, А.И. Мохов, В.И. Леунов, А.Н. Ховрин, Г.Б. Тюкавин, С. В Угарова [35,42,107,146-149].

Стерильность цитоплазмы у моркови может проявляться в нескольких морфологически различных формах. Широкое распространение получили стерильные формы коричневый пыльник (brown anther) и петалоид или лепестковидные тычинки (petaloid) [150]. Растения с ЯЦМС типа «brown» вначале формируют нормальные пыль-

ники, развитие которых потом останавливается, и они становятся коричневыми. Стерильность этого типа обусловлена взаимодействием стерильной цитоплазмы и двух независимых генов ядра, один из которых доминантный *B*, а другой - рецессивный *aa*.

Тип стерильности «petaloid» в растениях моркови проявляется в образовании у цветков второго круга лепестков вместо тычинок. По степени деформации андроцея выделяют группы фенотипов: «spoon» тип, «strap» тип и «carpeloid» тип. Цветки могут быть белые, светло-зеленые и зеленые. Наследование этого типа стерильности происходит при взаимодействии S-цитоплазмы и двумя независимыми генами *M1* и *M2 142*, а по другим данным с тремя независимыми генами, один из которых доминантный - *M* и два рецессивных - *ll* и *tt* [151,152].

Третий тип стерильной цитоплазмы обнаружен в процессе межвидовой гибридизации *Daucus carota gummifer* и *D. carota sativus* и названый "gum" или "gummifer", характеризуется общим уменьшением тычинок и лепестков. Предполагается, что ответственным за выражение этого признака является взаимодействие "gummifer" цитоплазмы с рецессивными аллелями (*gu*/*gu*) в ядре. Этот тип может потенциально использоваться как новый источник ЦМС для селекции моркови, благодаря простому образу действия и фенотипической стабильности [153,154].

ЯЦМС лука была впервые открыта в США в 1925 г. S-цитоплазма появилась благодаря межвидовым скрещиваниям. Эта мужская стерильность обусловлена взаимодействием стерильной S-тип цитоплазмы и ядерным геном *msms* в рецессивном состоянии. Растения, имеющие стерильную пыльцу, можно размножить, опыляя ее растением с фертильной пыльцой с генотипом N *msms* [155-158]. Пыльники не имеют жизнеспособной пыльцы, зонтики отличаются по яркости окраски от зонтиков растений с фертильной пыльцой. Стерильная пыльца к моменту созревания уменьшается в размерах и становится сморщенной [132,133,159].

Во франции обнаружена новая система ЯЦМС T-типа, которая возникла в результате мутации N цитоплазмы. Закрепление стерильности этого типа контролируется взаимодействием одного независимого *aa* и двух комплементарно действующих локусов *bb* и *cc*. В присутствии доминантного гена *A* растение будет фертильным, независимо от генов *b* и *c*. При наличии доминантных генов *B* и *C* по отдельности растение будет стерильным. В то время как совместное действие генов *B* и *C* вызывает фертильность [159,160]. Внешне S- и T- типы стерильности проявляются одинаково, что осложняет их идентификацию. Цветок по внешнему виду почти не отличается от фертильного, но столбик у него выходит наружу [35,150-152,161].

Позднее найден еще один тип ЯЦМС, у которой цитоплазма-R [162,163] и ядерный рецессивный ген в гомозиготном состоянии *ms2ms2* (не аллельный *msms,* хотя и находящийся с ним в одной хромосоме) отвечают за закрепление мужской стерильности [164,165].

Стерильность, которая контролируется лишь цитоплазматически CMS-Gal, получена путем межвидовой гибридизации вида *Allium galantum* с *A. cepa.* Ядерных генов восстановителей фертильности для данного типа цитоплазмы пока не обнаружено. Тычинки стерильных цветков не имеют пыльников, что отличает их от ЦМС S- или T-типов и упрощает идентификацию [166-170]. С целью снизить затраты труда на идентификацию типов цитоплазмы, в проведении анализирующих и скрещиваний отборов широко практикуется использование молекулярных маркеров [171-174].

Аналогичные системы мужской стерильности, обусловленные сочетанием цитоплазматического фактора и основного генного фактора, были обнаружены у шнитт-лука и лука-порея [175].

В селекции и семеноводстве наиболее распространенными являются ЯЦМС-R и ЯЦМС-S [172, 176, 177]. Самой же распространенной системой в селекции F_1 гибридов является S-цитоплазма из-за большой стабильности в различных условиях среды [172, 178-180]. Недостатком T-стерильности является сложный генетический контроль, кроме того, при повышенной влажности могут появляться фертильные растения [132, 179, 181]. Стерильность G-типа контролируется только цитоплазмой, что весьма удобно для селекции и семеноводства, а стерильное потомство является эффктивной защитой авторских прав селекционера. Несмотря на все достоинства, стерильность G-типа в селекционном процессе используют редко [179, 180].

ЯЦМС свеклы первоначально была обнаружена у сахарных, позднее у столовых сортов [184-184]. Мужская стерильность свеклы проявляется в результате взаимодействия стерильной S-цитоплазмы и ядерной двухлокусной системы генов *XxZz* в гомозиготном рецессивном состоянии [183, 185]. Главными отличительными признаками, позволяющими определить в популяциях свеклы столовой растения с мужской стерильностью, является строение и окраска пыльников. Соотношение стерильной и фертильной пыльцы может меняться под влиянием условий среды. Кроме ЯЦМС, свекла обладает сложной системой гаметофитной самонесовместимости, которая в процессе многократного инцухта приводит к снижению завязываемости плодов [105, 106, 185]. Для свеклы характерна очень сильная инбредная депрессия после нескольких циклов инцухтирования, приводящая к резкому снижению семенной продуктивности. Поэтому при работе с инбредными потомствами свеклы столовой первостепенной задачей является поиск самосовместимых форм, с минимальной склонностью к инбредной депрессии [186-189].

Селекция F_1 гибридов корнеплодов вида *R. sativus* (как и для всех крестоцветных культур) возможна на основе самонесовместимости или ЯЦМС [190-193]. У представителей семейства крестоцветные выявлено несколько типов (Ogura, Nap, Pol, Cam и др.) стерильной цитоплазмы. Однако, большинство гибридов редиса, лобо и дайкона создают на основе стерильности, выявленной Х. Огурой [135-137]. Во ВНИИ овощеводства выделены стерильные формы растений (Ogu-ЦМС) и создан перспективный линейный материал для селекции редиса [38, 108, 194]. В условиях защищенного грунта ВНИИССОК с использованием ЦМС-Ogura созданы инбредные линии и гибридные комбинации на основе сорта Моховский [195].

ЦМС выявлена у перца среди межвидовых гибридов [112, 122, 196-199]. Практическое применение эта стерильность получила после создания линий восстановителей фертильности, отсутствие которых длительное время препятствовало созданию F_1 гибридов [125, 196, 200-202].

Существуют и другие наследственные механизмы, препятствующие самоопылению (гетеростилия, дихогамия, геркогамия), однако они оказались недостаточно эффективными для использования в селекционной практике.

Таблица

Основные способы создания и размножения F_1 гетерозисных гибридов различных овощных культур

Культура	Контроль опыления	Методы, препятствующие самоопылению	Способ опыления	Источник литературы
Лук	генетический	ЯЦМС-S, *msms*	энтомофилия	[132-133] [159-160]
Лук	генетический	ЯЦМС-T, *aabbcc*	энтомофилия	[35][150-152][160-161]
Лук	генетический	ЯЦМС-R, *ms-2ms-2*	энтомофилия	[162-165]
Лук	генетический	ЦМС-G	энтомофилия	[166-174][179-180]
Свекла	генетический	ЯЦМС, *xxzz*	анемофилия	[104-105] [182-189]
Морковь	генетический	ЯЦМС-brown, *BBaa*	энтомофилия	[31-35][42],[144-150]
Морковь	генетический	ЯЦМС-pet, *MMlltt*	анемофилия	[31-35][42],[144-152]
Морковь	генетический	ЯЦМС-gum, *gugu*	энтомофилия	[153-154]
Капуста	генетический	ЦМС- Ogura	энтомофилия	[28-30],[140]
Капуста	генетический	СН спорофитная	энтомофилия	[107-109][190-193]
Редис	генетический	ЯЦМС-Ogura, *ms*	энтомофилия	[38][107][135-137][190-195]
Редис	генетический	СН спорофитная	энтомофилия	[107-109]
Огурец	генетический	ГДЭ	энтомофилия	[115-121]
Огурец	химический	Этрел	энтомофилия	[53-54]
Тыква	химический	Этрел	энтомофилия	[58-61]
Кабачок	химический	Этрел	энтомофилия	[63-66]
Кабачок	генетический	ГДЭ	энтомофилия	[121-124]
Дыня	химический	Этрел	энтомофилия	[55-57][124]
Дыня	генетический	ЯМС	энтомофилия	[129-130]
Арбуз	химический	Этрел	энтомофилия	[62]
Арбуз	генетический	ЯМС	энтомофилия	[127-131]
Перец	механический	ручная кастрация	энтомофилия	[21-24] [94] [198]
Перец	генетический	ЯМС	энтомофилия	[110] [124] [198]
Перец	генетический	ЯМС	ручной	[99-100][112][125-126]
Перец	генетический	ЦМС	ручной	[112][125][196-202]
Перец	генетический	ФМС	ручной	[99]
Томат	механический	ручная кастрация	ручной	[14][19][45][92-95]
Томат	генетический	ЯМС (*sl*, *ms*, *as*)	ручной	[92-94][125][95-96]
Томат	генетический	ФМС (*ps*, *ps-2*, *ex*)	ручной	[6][92-95][97][98]
Томат	генетический	маркеры *d*, *c*, *aud*	ручной	[88][89][90]
Томат	генетический	маркеры *bs* и *bs-2*	энтомофилия	[20][90]
Спаржа	генетический	двудомность	анемо/энтомофилия	[111][113]
Шпинат	генетический	двудомность	анемофилия	[111-112][114]
Щавель	генетический	двудомность	анемофилия	[111-112]
Салат	генетический	*ms-7*	энтомофилия	[86]
Салат	химический	гаметоциды	ручной	[81][82]
Салат	механический	ручная кастрация	ручной	[80][81][82][83]

Заключение. Селекции гетерозисных гибридов – это многокомпонентный поэтапный процесс (совокупность технологических операций), которая включает создание линейного материала, испытание его на комбинационную способность, отбор и испытание перспективных F_1 гибридов в селекционных питомниках, а для эффективного семеноводста основным фактором является выбор наиболее надежного механизма контроля опыления, препятствующего самоопылению. Механический способ контроля опыления, а также создания и размножения гетерозисных гибридов основан на проведении ручной кастрации (удалении тычинок) и последующем опылении продолжает иметь значение для культур с крупными цветками и большим числом семяпоче в завязи, поскольку он обеспечивает достаточно высокий выход семян на один опыленный цветок. Склонность растений к перекрестному опылению (энтомофилия и анемофилия) значительно облегчает процес гибридного семеноводства, поскольку отсутствует необходимость в ручном опылении. Химический способ кастрации обеспечивает гибкий выбор родительских особей, но имеет и ряд недостатков, в том числе специфичность в дозировке, недостаточная длительность действия, зависимость от факторов окружающей среды, остаточные эффекты, переносимые в семена F_1, фитотоксичность. В селекционных программах по селекции овощных культур наиболее широко распространенным является генетический контроль опыления, а ЦМС – наиболее надежным методом, препятствующим самоопылению. Надежная реализация программы по созданию F_1 гибридов и промышленному освоению производства семян возможна только при использовании всего комплекса знаний и технологических приемов, накопленных селекционной наукой и практикой.

Список источников

1. Пивоваров В. Ф. Овощи России. М.: ГНУ ВНИИССОК, 2006, 384 с. ISBN: 5-901695-07-0 EDN: QKXTMT
2. Гинс М. С., Романова Е. В., Плющиков В. Г., Гинс В. К., Пивоваров В. Ф. Функциональные продукты питания из растительного сырья. М., 2017. 148 с. ISBN: 978-5-209-07694-0 EDN: ZFFAAT
3. Меделяева А. Ю., Бухаров А. Ф., Трунов Ю. В. Сортимент овощных культур для создания продуктов питания функционального назначения: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2020. 159 с. ISBN: 978-5-94664-420-4 EDN: LRMDGR
4. Пивоваров В. Ф. Селекция и семеноводство овощных культур. М.: Изд-во ВНИИССОК, 2007. 808 с.
5. Боос Г. В., Бадина Г. В., Буренин В. И. Гетерозис овощных культур. Л.: "Агропромиздат", 1990. 223 с.
6. Жученко А. А. Генетика томата. Кишинев: Штиинца, 1973. 663 с.
7. Жуковский П. М. Гетерозис сельскохозяйственных растений // Вестник с.-х. науки. 1959. № 8.
8. Турбин Н. В. Гетерозис и генетический баланс. В кн.: Гетерозис. Минск: изд-во АН БССР, 1961. С. 3-34.
9. Филатов Г. В. Гетерозис: физиолого-генетическая основа. М.: Агропромиздат, 1988. 96 с.
10. Струнников В. А. Природа гетерозиса и новые методы его повышения. М., 1994. С. 5-78.
11. Кильчевский А. В., Хотылева Л. В., Тарутина Л. А., Шаптуренко М. Н. Гетерозис в селекции сельскохозяйственных растений // Молекулярная и прикладная генетика. 2008. Т. 8. С. 7-24. EDN: BFKKLH
12. Титок В. В. Биоэнергетическая концепция гетерозиса // Молекулярная и прикладная генетика. 2008. Т. 8. С. 81-93. EDN: GUOASB
13. Турбин Н. В., Хотылёва Л. В., Тарутина Л. А. Диал.лельный анализ в селекции растений. Минск: Наука и техника, 1974. 184 с.
14. Кильчевский А. В., Добродькин М. М., Скорина В. В. и др. Генетические основы селекции томата на гетерозис // Молекулярная и прикладная генетика. 2008. Т. 8. С.25-39. EDN: BFWROK
15. Griffing B. A. Generalized treatment of the use of diallel cross in quantitave inheritance // Heredity, 1956. V. 10. P. 31-50.
16. Мазер К., Джинкс Дж. Биометрическая генетика. М.: Мир, 1985. 403 с.
17. Федин М. А., Силис Д. Я., Смиряев А. В. Статистические методы генетического анализа. М.: Колос, 1980. 207 с. EDN: TEVNYD
18. Игнатова С. И. Селекция гетерозисных гибридов первого поколения тепличного томата с групповой устойчивостью к болезням. Автореф. дисс. … д.с.-х.н. - Л., 1989. 48 с. EDN: ZJWAAX
19. Гавриш С. Ф. Томаты. М.: Вече, 2005. 160 с.
20. Беков Р. Х. Томат (эффективное использование генетических маркеров в селекции). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 332 с.
21. Тимина О. О., Рябова А. С. Закономерности проявления гетерозиса у овощного перца Capsicum annuum L. в зависимости от степени идентичности ключевых аллелей хозяйственно ценных признаков // Сельскохозяйственная биология, 2011. № 1. С. 66-75. EDN: NNAFFN
22. Пышная О. Н., Мамедов М. И., Пивоваров В. Ф. Селекция перца. М., 2012. 248 с. ISBN: 978-5-901695-51-7 EDN: QLDHLB
23. Шаптуренко М. Н., Тарутина Л. А., Печковская Т. В. и др. Использование RAPD-маркеров для оптимизации отбора исходного материала перца сладкого (Capsicum annuum L.) в селекции на гетерозис // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 1. С. 63-71. EDN: RUGQXH
24. Моисеева М. О., Пугачева И. Г., Добродькин М. М. и др. Анализ эффекта гетерозиса у гибридов F1 перца сладкого // Земледелие и защита растений. 2015. № 1. С.14-19. EDN: YOKRXZ
25. Ткаченко Н. Н. Двудомность огурца // Плодоовощное хозяйство. 1985. № 3. С. 26-28.

26. Юрина О. В., Пивоваров В. Ф., Балашова Н. Н. Селекция и семеноводство тыквенных культур в России. М., 1998. 424 с.

27. Дютин К. Е. Генетика и селекция бахчевых культур. М.: Колос, 2000. 231 с.

28. Монахос Г. Ф., Крючков А. В., Монахос С. Г. и др. Технология беспересадочного семеноводства гибридов поздней капусты, созданных на базе линий с мужской стерильностью: методические рекомендации. М.: Изд-во МСХА, 2002. 20 с.

29. Монахос Г. Ф. и др. Методические рекомендации по созданию и технологии размножения линий капусты с цитоплазматической мужской стерильностью. М., МСХА им. К. А. Тимирязева, 2003. 22 с.

30. Бондарева Л. Л. Научное обоснование и разработка системы методов селекции и семеноводства капустных культур: Автореф. дис. … д.с.-х.н. 06.01.05. М., 2009. 365 с. EDN: QEEIQL

31. Жидкова Н. И. Селекция сортов и гетерозисных гибридов моркови с высоким качеством продукции: Автореф. дисс. д.с.-х.н. М., 1996. 50 с. EDN: ZJXVVP

32. Литвивова М. К. Селекционно-генетические методы создания исходного материала в селекции столовых корнеплодов. Автореф. дис. … д.с.-х.н. - Л., 1989. 48 с.

33. Тимин Н. И., Тимина Л. Т. Селекционно-генетическая идентификация инбредных форм и линий моркови / Селекция и семеноводство овощных культур. 2015. Т. 46. С. 555-560. EDN: UIXYLX

34. Кравцова М. В., Андрющенко В. К., Стрельникова Т. Р. Селекция столовой моркови на продуктивность и качество. Кишинев: Штиинца, 1991. 253 с.

35. Угарова С. В. Генетическая обусловленность признаков моркови при селекции на гетерозис в условиях Западной Сибири. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2003. 253 с. ISBN: 5-7568-0341-6 EDN: OUDQRP

36. Агафонов А. Ф., Логунова В. В. Гетерозисная селекция лука репчатого // Овощи России. 2018. № 5. С. 25-28. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-25-28 EDN: PJMNWD

37. Заячковский В. А., Старцев В. И., Балашова Н. Н. Разработка элементов гетерозисной селекции столовой свеклы // Гавриш. 1999. № 3. С. 24-25.

38. Янаева Д. А. Создание исходного материала для гетерозисной селекции редиса европейского (Raphanus sativus L. var. sativus) для защищенного грунта: диссертация... канд. с.-х.н. М., 2011. 148 с. EDN: QFIGDB

39. Ховрин А. Н., Монахос Г. Ф. Производство и селекция лука репчатого в России // Картофель и овощи. 2014. № 7. С. 18-21. EDN: SHFSZB

40. Петров Д. Ф. Гаплоиды у высших растений (по материалам Междун. симп. в Канаде) / Апомиксис у растений и животных. Новосибирск: Наука, 1978. С. 3-44.

41. Шмыкова Н. А., Супрунова Т. П., Пивоваров В. Ф. Биотехнологические и молекулярно-генетические методы в селекции овощных культур (к 95-летию ВНИИССОК) // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 561-570. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.561rus EDN: UXSRIN

42. Тюкавин Г. Б. Основы биотехнологии моркови: Монография. М., ВНИИССОК. 2007. 480 с. ISBN: 978-5-901695-19-7 EDN: QKYZZT

43. Домблидес Е.А., Белов С.Н., Солдатенко А.В., Пивоваров В.Ф. Получение удвоенных гаплоидов огурца (Cucumis sativus L.) // Овощи России. 2019. № 5. С. 3-14. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-3-14 EDN: RRPPDP

44. Монахос С. Г. Интеграция современных биотехнологических и классических методов в селекции овощных культур: дис. … докт. с.-х. наук 06.01.05. М., 2016. 335 с. EDN: ZIYPBL

45. Алпатьев А. В. Инструкция по проведению скрещиваний томатов для получения семян, дающих высокий урожай в первом поколении. -М.: Изд-во Наркомзема РСФСР, 1937. 20 с.

46. Kaul M. L. H. Male Sterility in Higher Plants in Monographs on Theory Applied Genetics; Springer-Verlag, Berlin, 1988, 97-98.

47. Kempe K., Gils M. Pollination control technologies for hybrid breeding. Molecular breeding. 2011; 27:417-437. DOI: 10.1007/s11032-011-9555-0 EDN: BPWRBE

48. Colombo N., Galmarini C. R. The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review. Plant Breeding. 2017; 136:287-299.

49. Muthuvel I. Studies on evaluation of F1 hybrids and exploring the possibilities of utilizing induced male sterility and natural self-incompatibility system in chilli (Capsicum annuum L.). Ph.D. Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, 2003. DOI: 10.1007/s11032-011-9555-0 EDN: BPWRBE

50. Deepak K. D., Deshpande V. K., Vyakarnahal B. S., Ravi Kumar R. I., Uppar D. S., Hosamani R. M. Chemical Induction of Male Sterility and Histological Studies in Okra (Abelmoschus esculentus (L.) Monech.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 2007; 21:202-205. DOI: 10.1111/pbr.12473

51. Naveen N., Pallavi H. M., Satish D., Sarvamangala S. C., Ganiger V. M., Babu A. G. Microsporogenesis manipulation by CHA's to eliminate emasculation in hybrid seed production of okra (Albemoschus esculemtum L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 2017; 5:623-630.

52. Badri N. C., Kasem P., Thanya T., Chairerg S. Development and maintenance of gynoecious lines of cucumber (Cucumis sativus L.). Kasetsart J. (Nat. Sci.). 2001. 35: 242 - 250.

53. Thappa M., Kumar S., Rafiq R. Influence of plant growth regulators on morphological, floral and yield traits of cucumber (Cucumis sativus L.). Kasetsart J. (Nat. Sci.), 2011. 45: 177-188.

54. Тараканов Г. И., Ахмадов М. Х. Гетерозис дыни в тепличной культуре // Картофель и овощи. 1978. № 5. С. 34-35.

55. Теханович Г. А., Азаров А. А. Гетерозисные гибриды дыни на основе женских форм // Науч.-техн. бюл. ВИР. 1989. Т. 189. С. 36-38. EDN: XNCCSF

56. Ram A., Singh G.N., Shukla H.S, Rajbir S. Effect of seed soaking with gibberellic acid on growth and fruiting of muskmelon (Cucumis melo L.). Haryana J. Hort. Sci. 2001. 30: 277-278.

57. Kooner K.S., Jaskaran S., Saimbhi M.S. Effect of plant growth substances on growth, sex expression and fruit yield in bottle gourd cv. Punjab Komal. Haryana J. Hort. Sci. 2000. 29 (3/4).

58. Hidayatullah T., Mahmood M., Farooq M., Khokhar A., Hussain S.I. Plant growth regulators affecting sexexpression of bottle gourd (Lagenaria siceraria Molina) plants. Pakistan J. Agric. Res. 2012. 25(1): 50.

59. Sandra N., KumarLal S., Chakrabarty S. K., Talukdar A. Effect of plant growth regulators on sex expression, fruit setting, seed yield and quality in the parental lines for hybrid seed production in bitter gourd (Momordica charantia). Indian Journal of Agricultural Sciences, 2015. 85(9), 1185-91. DOI: 10.56093/ijas.v85i9.51605

60. The Kaushal G. S. Effect of GA 3 and NAA on the bottle Gourd (Lagenaria siceraria) cv (MGH-4). International Journal of Current Microbiolog & Applied Sciences, 2020. 9(10), 2217-2221. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.268 EDN: ANWABP

61. Gopalkrishnan P. K., Choudhury B. Effect of plant regulator sprays on modification of sex, fruit set and development in watermelon (Citrullus lanatus L.). Indian J. Hort. 1978. 35: 235-241.

62. Кириллова О. А., Бухаров А. Ф., Иванова М. И. Влияние обработки материнских растений кабачка этрелом на долю женских цветков и урожайность семян гетерозисных F1 гибридов // Вестник Алтайского ГАУ. 2015. № 1(123). С.16-23. EDN: TBDCMR

63. Чайкин К. О. Семеноводство гибридов F1 кабачка с использованием этрела в условиях Краснодарского края: дисс. … канд. с.-х. н. Краснодар, 2016. 127 с.

64. Кузьмин С. В., Медведев А. В., Бухаров А. Ф. Получение гибридных семян кабачка при свободном опылении // Овощи России. 2018. №1. С. 32-36. EDN: XODPDN

65. Кузьмин С. В., Медведев А. В., Бухаров А. Ф. Основные принципы семеноводства F1 гибридов кабачка на Крымской ООС ВИР // Труды КубГАУ. 2019. № 80. С. 156-161. DOI: 10.21515/1999-1703-80-156-161 EDN: PDKIMX

66. Sonkar S. K. Effect of plant growth regulators on sex expression and yield of pumpkin (Cucurbita moschata Dutch. Ex. Poir.). M.Sc. Thesis, VBS Poorvanchal University, Jaunpur, India. 2003.

67. Saimbhi M. S., Thakur M. R. Growth, sex expression and yield of squash melon (Citrullus vulgaris var. fistulosus) as Influenced by 2(chloroethyl) phosphonic acid, 2,3,5-triiodobenzoic acid and (2-chloroethyl) trimethyl-ammonium chloride. Physiologia Plantarum, 2006. 28 (3):383387. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1973.tb08575.x

68. Jatoi S. A., Javaid A., Iqbal M., Sayal O. U., Masood M. S., Siddiqui S. U. Genetic diversity in radish germplasm for morphological traits and seed storage proteins. Pakistan J. Bot. 2011. 43: 2507-2512.

69. Thomas T. D. The effect of in vivo and in vitro applications of ethrel and GA3 on sex expression in bitter melon (Momordica charantia L.). Euphytica, 2008. 164(2), 317-323.

70. Hidayatullah T., Mahmood M., Farooq M., Khokhar A., Hussain S.I. Plant growth regulators affecting sexexpression of bottle gourd (Lagenaria siceraria Molina) plants. Pakistan J. Agric. Res. 2012. 25(1): 50.

71. Bharathi L. K., John K. J. Momordica genus in Asia - An overview. Springer. 2013. DOI: 10.1007/978-81-322-1032-0

72. Baset M. M. A., Islam M. S., Shamsuddin Z. H. Altered sex expression by plant growth regulators: An overview in medicinal vegetable bitter gourd (Momordica charantia L.). Journal of Medicinal Plants Research. 2014. 8(8), 361-367.

73. Ha T. M. A review of plants' flowering physiology: The control of floral ınduction by juvenility, temperature and photoperiod in annual and ornamental crops. Asian Journal of Agriculture and Food Science. 2014. 2(3), 2321-1571.

74. Megharaj K. C., Ajjappalavara P. S., Appa R., Manjunathagowda D. C., Bommesh J. C. Sex manipulation in Cucurbitaceous vegetables. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2017. 6(8), 1839-1851. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.609.227

75. Hidayatullah T., Mahmood M., Farooq M., Khokhar A., Hussain S. I. Plant growth regulators affecting sexexpression of bottle gourd (Lagenaria siceraria Molina) plants. Pakistan J. Agric. Res. 2012. 25(1): 50.

76. Ansari A. M., Chowdhary B. M. Effects of boron and plant growth regulators on bottle gourd (Lagenaria siceraria (Molina) Standle). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2018. № 1965. P. 202-206.

77. Wamiq M., Prasad V.M., Kaushal G.S. Effect of GA 3 and NAA on yield of Bottle Gourd (Lagenaria siceraria) cv (MGH-4). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2020. 9(10), 2217-2221. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.268 EDN: ANWABP

78. Phetpradap S., Hampton J. G., Hill M. J. Effect of hand pinching and plant growth regulators on seed production of field grown hybrid dahlia. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 1994; 22(3):313-320. DOI: 10.1080/01140671.1994.9513840

79. Prajapati S., Jamkar T., Singh O., Raypuriya N., Mandloi R., Jain P. Plant growth regulators in vegetable production: An overview. Plant Archives. 2015. 15:619-626.

80. Nagata R. T. Clip-and-wash method of emasculation for lettuce. HortScience. 1992. 27(8):907-908. DOI: 10.21273/HORTSCI.27.8.907

81. Goubara M., Takasaki T. Pollination effects of the sweat bee Lasioglossum villosulum trichopse (Hymenoptera: Halictidae) on genic malesterile lettuce. Applied entomology and zoology. 2004. 39(1):163-169. DOI: 10.1303/aez.2004.163

82. D'Andrea L., Felber F., Guadagnuolo R. Hybridization rates between lettuce (Lactuca sativa) and its wild relative (L. serriola) under field conditions. Environmental Biosafety Research. 2008;7(2):61-71.

83. Лудилов В. А., Иванова М. И. Редкие и малораспространенные овощные культуры. М.: Росинформагротех, 2009. 195 с. ISBN: 978-5-7367-0678-5 EDN: VMONNB

84. Ковальчук М. В. Изучение исходного материала и селекция салата-латука (Lactuca sativa L.) для гидропонной культуры: Дис. … к.с.-х.н. - М., 2024. 166 с.

85. Ковальчук М. В. Сравнение эффективности различных способов гибридизации салата-латука (Lactuca sativa L.) // Овощи России. 2024. № 5. С. 5-11. DOI: 10.18619/2072-9146-2024-5-5-11 EDN: JGBYZR

86. Патент РФ 2593940 на изобретение «Получение семян гибрида Lactuca sativa» / Херве М., Соусин Т. Патентообладатель - Вилморин (FR).

87. Рубцов М. И. Мичуринские методы в селекции овощных культур. Методы ускорения селекции овощных культур. Л.: Колос, 1973. С. 99 - 102.

88. Куземенский А. В. Селекционно-генетические исследования мутантных форм томата. Харьков, 2004. 392 с.

89. Рудас А. П. Получение гетерозисных популяций томата для использования в открытом грунте посевом семян / Научно-технический бюллетень ВИР. С. 82-87.

90. Soressi G. P. Tomato mutants flowering EMS seed treatments Rep. TGC, 1969, 20:59.

91. Варивода Е. А., Колебошина Т. Г., Байбакова Н. Г. Использование генетических маркеров в гибридном семеноводстве арбуза // Труды КубанскогоГАУ. 2017. № 66. С. 50-54. DOI: 10.21515/1999-1703-66-50-54 EDN: ZDPEJX

92. Даскалов Х., Йорданов М., Минков И., Митов З. Производство гибридных семян овощных культур. М.: Колос, 1966. 104 с.

93. Йорданов М. Гетерозис томата. В кн.: Гетерозис. М.: Агропромиздат, 1987. С. 239 - 271.

94. Rick CM., Robinson J. Inherited defects of floral structure affecting fruitfulness in Lycopersicon esculentum. Am. J. Bot., 1951, № 38, P. 639 - 652.

95. Авдеев Ю. И. Селекция томатов. Кишинев: Штиинца, 1982. 282 с.

96. Макарова Т. В. Самостерильные формы томатов и возможность их использования в производстве гибридных семян: Автореф. дис. … к.с.-х.н. М., 1966. 27 с. EDN: ZMNCKH

97. Симонов А. А. Наследование признака длинностолбчатости цветков томатов // Бюллетень ВИР. 1972. Вып. 23. С. 52-56.

98. Симонов А. А. Типы стерильности и их использование для получения гибридных семян // Вестник с.-х. науки. 1967. № 2. С. 27-33.

99. Shifriss C. Additional spontaneous mele sterile mutant in Capsicum annuum Euphytica 1973, № 22, C.527-529. DOI: 10.1007/bf00036651 EDN: WVIBIS

100. Mishra, S., Kumari V. Review on Male Sterility-Concepts and Utilization in Vegetable Crops / Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 2018. № 7(2). P. 3016-3034.

101. Бочарников А. Н. Функциональная мужская стерильность и ее использование в селекции овощных и бахчевых культур // Овощи России. 2014. № 1 (22). С. 14-17. EDN: RXSCXV

102. Теханович Г. А., Елацкова А. Г. Коллекция бахчевых культур: выявление гомологических рядов наследственной изменчивости // Vavilovia. 2022. № 5(2). С. 30-44. DOI: 10.30901/2658-3860-2022-2-o2 EDN: NOAWWB

103. Михов А., Лозанов П. Дини и пъепеши. 2-е перераб. и доп. изд. Пловдив: Христо Г. Данов, 1982. 142 с.

104. Долженко М. В., Бухаров А. Ф. Характеристика нового оригинального признака функциональной стерильности патиссона / Интродукция нетрадиционных и редких растений. Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2008. Т. 2. С. 211-212.

105. Суриков И. М. Генетика внутривидовой несовместимости мужского гаметофита и пестика у цветковых растений // Успехи современной генетики. М.: Наука, 1972. № 4. С. 119-169.

106. Малецкий С. И., Коновалов А. А. Внутривидовая само- и перекрестная несовместимость. Генетический контроль размножения сахарной свеклы. Новосибирск: Наука, 1991.

107. Леунов В. И. Столовые корнеплоды в России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. 272 с.

108. Крючков А. В. Схема выведения четырехлинейных гибридов капусты на основе самонесовместимости // Известия ТСХА. 1977. Вып. 1. С. 124-131.

109. Hiscock S. J. Pollen recognition during the self-incompatibility response in plants. Genome Biology. 2002; 3(2): reviews1004.1-reviews1004.6.

110. Ткаченко Н. Н. Новое о половых типах растений огурца, их изменчивости и наследственности // Тр. Кубанского отд. ВОГИС. Краснодар, вып. 1, 1975. С. 146-156.

111. Razumova O. V., Alexandrov O. S., Bone K. D., Karlov G. I., Divashuk M. G. Sex Chromosomes and Sex Determination in Dioecious Agricultural Plants. Agronomy 2023, 13(2), 540. DOI: 10.3390/agronomy13020540 EDN: DEPUFX

112. Пирсон О. Х. Гетерозис овощных культур. В кн.: Гетерозис. М.: Агропромиздат, 1987. С. 181- 238.

113. Moreno-Pinel, R.; Castro-López, P.; Die-Ramón, J.V.; Gil-Ligero, J. Asparagus (Asparagus officinalis L.) Breeding. In Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2021; pp. 425-469.

114. Pérez-Llorca, M.; Vilas, J.S. Sexual dimorphism in response to herbivory and competition in the dioecious herb Spinacia oleracea. Plant Ecol. 2019, 220, 57-68. DOI: 10.1007/s11258-018-0902-7 EDN: HCMZXK

115. Пангало К. И. Пол и цветение у возделываемых Cucurbitaceae // Бот. журнал СССР. 1943. Т. 28. № 1. С. 10-21.

116. Мещеров Э. Т. Изменчивость пола растений огурца и ее значение в селекции // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1962. Т. XXXV. Вып. 1. С. 58-65.

117. Пыженков В. И. Выраженность пола у однодомных, частично двудомных и однополых форм огурца (Cucumis sativus L.) // Тр. по прикладной бот. ген. и сел. 1972. Т. 48. Вып. 2. С. 174-190.

118. Пыженков В. И., Малинина М. И. Культурная флора. Тыквенные (огурец, дыня). М.: Колос, 1994. Т. 21. 288 с.

119. Стрельникова Т. Р. Методы селекции гетерозисных гибридов огурца для защищенного грунта: автореф. дисс… доктора с. - х. наук. М., 1981. 32 с.

120. Ткаченко Н. Н. Методы выведения частично двудомных форм огурцов / Гетерозис в овощеводстве. М.: Колос, 1968. С. 156-171.

121. Бирюкова Н. К. Селекция и семеноводство пчелоопыляемых гибридов огурца для весенних теплиц: дисс… канд.с.-х. наук. - М., 1991. 234 с. EDN: WWJKBR

122. Чистяков А. А., Монахос Г. Ф. Особенности селекции F1 гибридов кабачка // Картофель и овощи. 2016. № 6. С.39-40. EDN: WBEMBT

123. Тараканов Г. И., Теханович Г. А., Елацкова А. Г. Создание самоопыленных линий и изучение наследования некоторых генетических признаков у летних тыкв // Доклады МСХА. 2001. Вып. 273. Ч. 2. С. 275- 279. EDN: WGHIFL

124. Теханович Г. А., Азаров А. А. Гетерозисные гибриды дыни на основе женских форм // Науч.-техн. бюл. ВИР. 1989. Т. 189. С. 36-38. EDN: XNCCSF

125. Соловьева Н. А., Марьяхина И. Я. Феминизация тычинок у томатов с мужской стерилностью // Сельскохозяйственная биология. 1969. № 5. С. 935-936.

126. Аникеенко В. С. Высокоурожайные гибриды перца, полученные на стерильной основе // Тр. Майкопской оп. ст. ВИР. 1980. Вып. 14. С. 65-68.

127. Варивода Е. А., Колебошина Т. Г. Использование гетерозиса в селекции арбуза столового на Быковской бахчевой опытной станции // Труды Кубанского ГАУ. 2021. № 4. С. 46-50. DOI: 10.21515/1999-1703-91-46-50 EDN: XGIMWB

128. Варивода Е. А. Результаты и перспективы селекции и семеноводства бахчевых культур на Быковской опытной станции // Известия ФНЦО. 2022. № 2. С. 7-14. DOI: 10.18619/2658-4832-2022-2-7-14 EDN: AXMYJU

129. Dhall, R. K. Advances in Research on Male Sterility / The Science of Horticulture. 2011. P. 114-133.

130. Дютин К. Е., Соколов С. Д., Пучков М. Ю. Селекционная ценность генной мужской стерильности в селекции тыквенных культур // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2012. №3. С. 7-9. EDN: PGCDKN

131. Дютин К. Е., Соколов С. Д. Спонтанный мутант арбуза с мужской стерильностью // Цитология и генетика. 1990. Т. 24. № 2. С. 64-65.

132. Хаджинов М. И. Генетические основы цитоплазматической мужской стерильности. Гетерозис: теория и практика. Научные труды. Л.: Колос, 1968. 265 с.

133. Палилова А. Н. Цитоплазматическая мужская стерильность у растений. Минск: Наука и техника, 1969. 212 с.

134. Турбин Н. В., Палилова А. Н. Генетические основы цитоплазматической мужской стерильности у растений. - Минск: Наука и техника, 1975. 184 с.

135. Ogura H. Studies on the new male sterility in Japanese radish, with special reference to the utilization of this sterility towards the practical raising of hybrid seeds // Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University. 1968. V. 6. P. 39-78.

136. Бунин М. С. Мужская стерильность сельскохозяйственных растений семейства Brassicaceae L. и ее использование в селекции // С.-х. биология. Серия Биология растений. 1994. № 1. С.20-31.

137. Renard M, Delourme R, Mesquida J, Pelletier G, Primard C, Boulidard L, et al. Male sterilities and F1 hybrids in Brassica. In: Reproductive Biology and Plant Breeding. Manhattan, New York City: Springer; 1992. pp. 107-119.

138. Монахос Г. Ф., Крючков А. В., Монахос С. Г. и др. Технология размножения самонесовместимых линий и беспересадочного семеноводства гибридов капусты: методические рекомендации. М.: Изд-во РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2009. 64 с. EDN: QLASKJ

139. Бухаров А. Ф., Бухарова А. Р., Фомина А. А., Козарь Е. Г., Балашова И. Т., Мащенко Н. Е. Повышение семенной продуктивности родительской линии гибрида F1 капусты белокочанной под действием стероидных гликозидов // Овощи России. 2016. № 4. С. 60-65. EDN: XVRUFX

140. Балашова И. Т., Козарь Е. Г., Бухаров А. Ф. и др. Роль стероидных гликозидов в экологизации семеноводства овощных культур // Успехи современной науки. 2017. № 9. Т. 1. С. 83-91. EDN: ZELAUJ

141. Бухаров А. Ф., Козарь Е. Г., Балашова И. Т. и др. Влияние стероидного гликозида Молдстим на семенную продуктивность линии кабачка / Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений. М.: РУДН, 2019. Т. 2. С. 36-39. DOI: 10.22363/09359-2019-36-39 EDN: UZPTVK

142. Dhall R. K. Status of male sterility in vegetables for hybrid development. A review. Advances in Horticultural Science. 2010. 24(4):263-279.

143. Brar N. S., Kaushik P., Dudi.BS. Assessment of natural ageing related physio-biochemical changes in onion seed. Agriculture. 2019; 9 (8):163. DOI: 10.3390/agriculture9080163

144. Квасников Б. В. Результаты исследований по методике селекции моркови и созданию межлинейных гибридов F1 / EUCARPIA, 1985. С. 24-28.

145. Тимин Н. И., Мохов А. И. Исследование особенностей наследования ЦМС моркови / Труды по селекции и семеноводству овощных культур. М.: ВНИИССОК, 1976. Вып.4. С. 32-36.

146. Михеев Ю. Г. Получение гетерозисных гибридов моркови с использованием линий ЦМС: автореф. дисс. … к.с.-х.н. Мытищи, 1987. 18 с.

147. Мохов А. И. Некоторые вопросы изучения форм моркови с мужской стерильностью в целях использования в селекции на гетерозис: автореф. дисс. … к.с.-х.н. - М., 1972. 24 с. EDN: ZMLLKP

148. Ховрин А. Н. Направления и результаты исследований по селекции моркови столовой // Картофель и овощи. 2022. № 9. С. 37-40. DOI: 10.25630/PAV.2022.32.71.005 EDN: SSGQFQ

149. Yamagishi H., Bhat S. R. Cytoplasmic male sterility in Brassicaceae crops. Breeding Science. 2014; 64 (1):38-47.

150. Chada M. L. Observations on a petaloidy type of male sterility on carrots (Daucus carota L.) / M. L. Chada, L. Frese // Gartenbauwiss. 1981. Vol. 46. P. 21-24.

151. Morelock T. S. Influence of cytoplasmic source on expression of male sterility in carrot (Daucus carota L.) / T. S. Morelock. USA: Thesis, Univ. Arkansas, 1974.

152. Mehring-Lemper M. Genetisch-ziichterische Untersuchungen zur Schaffung von Hybridsorten bei Mohren (Daucus carota L.): Diss. Univ. Hannover, Germany, 1987.

153. Notnagel Th. Steinbom R. New Source of male steriHty in the genus Daucus. // EUCARPIA Meeting on Breeding Carrots, Paris, 1991.

154. Notnagel Th., Straka P., Budann H., Development of new cms-systems for carrot breeding. J. Appl. Genet. 38A, 1997. pp. 172-177.

155. Jones H. A., Clarke A. E. Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed // Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 1943. V. 43. P.189-194.

156. Liu B., Huo Y., Yang Y., Gao L., Yang Y. & X. Development of a genotyping method for onion (Allium cepa L.) male-fertility based on multiplex PCR / Wu // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2019. V. 95. P. 203-210.

157. Gökçe A. F. et al. Molecular tagging of the Ms locus in onion // Journal-American society for horticultural science. 2002. Т. 127. №.4. С. 576-582.

158. Simon, Ph., Freeman R., Vieira J., Boiteux L., Briard M., Nothnagel T., Michalik B., Kwon Y. Carrot // Vegetables II Handbook of Plant Breeding. - 2008. - Vol. 2. - P. 327-357.

159. Berninger E. Contribution a l'etude de la sterilite male de l'oignon (Allium cepa L.) // Ann. Amelior. Plant. 1965. V. 15. P. 183-199.

160. Kitagawa, J., Posluszny U., Gerrath J.M, Wolyn D.J. Developmental and morphological analyses of homeotic cytoplasmic male sterile and fertile carrot flowers // Sex Plant Reprod. 1994. Vol. 7. P.41-50.

161. Эйдлин Я. Т., Монахос Г. Ф., Монахос С. Г. Маркер-опосредованный отбор при создании устойчивых к пероноспорозу линий закрепителей стерильности лука репчатого (A. cepa L.) // Овощи России. 2021. № 3. С. 34-39. DOI: 10.18619/2072-9146-2021-3-34-39 EDN: IQNFIE

162. Notnagel Th. Steinbom R. New Source of male steriHty in the genus Daucus. // EUCARPIA Meeting on Breeding Carrots, Paris, 1991.

163. Notnagel Th., Straka P., Budann H., Development of new cms-systems for carrot breeding. J. Appl. Genet. 38A, 1997. pp. 172-177.

164. Havey M. J., Kim S. Molecular marker characterization of commercially used cytoplasmic male sterilities in onion //Journal of the American Society for Horticultural Science. 2021. Т. 146. №. 5. С. 351-355. DOI: 10.21273/jashs05083-21 EDN: FUVATL

165. Yu N., Kim S. Identification of Ms2, a novel locus controlling male-fertility restoration of cytoplasmic male-sterility in onion (Allium cepa L.), and development of tightly linked molecular markers // Euphytica. 2021. Т. 217. №. 10. С. 191. DOI: 10.1007/s10681-021-02927-4 EDN: VUFCPS

166. Colombo N., Galmarani C. R. Review Article The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review / Plant Breeding. 2017. Vol. P. 1-17.

167. McCollum, G.D., 1980. Development of the amphidiploid of Allium galanthum ×A. cepa. J Heredity 71: 445-447. EDN: IROZTL

168. Havey M. J. Seed yield, floral morphology, and lack of male-fertility restoration of male-sterile onion (Allium cepa) populations possessing the cytoplasm of Allium galanthum. 1999.

169. Havey, M. J. Diversity among male-sterility-inducing and male-fertile cytoplasm of onion / M. J. Havey // Theoretical and Applied. Genetics. 2000. V. 101. P. 778-782. DOI: 10.1007/s001220051543 EDN: JPOZPQ

170. Santos, C.A.F., Leite D. L., Oliveira V. R., Rodrigue M. A. Marker-assisted selection of maintainer lines within an onion tropical population /// Sci. Agric vol.67 No.2 Piracicaba Mar./Apr. 2010. P. 223-227.

171. Супрунова Т. П., Логунов А. Н., Логунова В. В., Агафонов А. Ф. Определение типа цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого (Allium cepa L.) селекции ВНИИССОК с помощью молекулярных маркеров // Овощи России. 2011. № 4 (13).

172. Домблидес А. С. Поиск ген-источников признака стерильности у образцов лука репчатого с использованием ДНК маркеров // Овощи России. 2019. № 5. С. 15-19. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-15-19 EDN: MLHOOE

173. Khrustaleva L. et al. Two-step identification of N-, S-, R-and T-cytoplasm types in onion breeding lines using high-resolution melting (HRM)-based markers // International Journal of Molecular Sciences. 2023. Т. 24. №. 2. С. 1605. DOI: 10.3390/ijms24021605 EDN: MFPLVR

174. Havey M. J. A Single Nucleotide Polymorphism Unique to the Galanthum-CMS of Onion // HortScience. 2024. Т. 59. - №1. С. 8-10. DOI: 10.21273/hortsci17412-23 EDN: ZIOJON

175. Manjunathagowda D. C. et al. Male sterility in onion (Allium cepa L.): origin: origin, evolutionary status, and their prospectus //Genetic Resources and Crop Evolution. 2021. Т. 68. С. 421-439. DOI: 10.1007/s10722-020-01077-1 EDN: SWCYLN

176. Павлова И. В., Купреенко Н. П., Булахова А. С. Использование ДНК маркеров для изучения цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого (Allium cepa L.) // Овощи России. 2018. № 4. С. 16-19. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-4-16-19 EDN: UURASI

177. Havey M. J., Kim S. Molecular marker characterization of commercially used cytoplasmic male sterilities in onion // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2021. Т. 146. №. 5. С. 351-355. DOI: 10.21273/jashs05083-21 EDN: FUVATL

178. Ferreira, R. R. Fertility restoration locus and cytoplasm types in onion R. R. Ferreira / R. R. Ferreira, C.A.F. Santos and

V.R. Oliveira // Genetics and Molecular Research. 2017. V.16. P. 1-11. DOI: 10.4238/gmr16039766

179. Чередниченко Е. А. Подбор и создание исходного материала лука репчатого (Allium cepa L.) для южного региона РФ: дис. … к.с.-х.н. М., 2022. 190 с. EDN: PGBOIQ

180. Эйдлин Я. Т. Создание F1 гибридов лука репчатого (Allium cepa L.) с групповой устойчивостью к пероноспорозу и розовой гнили корней: дис. … к.с.-х.н. М., 2025. 114 с.

181. Алижанова Р. Р. Создание и оценка исходного материала с устойчивостью к ложной мучнистой росе для селекции F1 гибридов лука репчатого: дис… к. с.-х.н. М., 2019. 103 с. EDN: HZJNZJ

182. Owen F. V. Intheritance of cross- and self-sterility and self-fertility in Beta vulgaris L. Journal of Agricuitural Research. 1942;(64):679-698.

183. Федорова М. И., Ветрова С. А., Козарь Е. Г. Особенности фенотипического проявления признака ЦМС семенных растений свёклы столовой // Овощи России. 2011. № 3. С. 18-23. EDN: OZMDRD

184. Козарь Е. Г., Фёдорова М. И., Ветрова С. А., Заячковский В. А. Связь пигментного состава с маркерной окраской стерильных пыльников ЦМС растений свеклы столовой // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2015;(11):221-225. EDN: UQHOUH

185. Федорова М. И., Ветрова С. А., Козарь Е. Г. Особенности размножения инбредных потомств свеклы столовой при селекции на гетерозис (обзорная статья) // Молекулярная и прикладная генетика. 2013. Т. 14. С. 121-129. EDN: HUVHMG

186. Ветрова С. А., Козарь Е. Г., Федорова М. И. Морфобиологические особенности генеративных органов фертильных и стерильных растений свеклы столовой и их изменчивость в результате самоопыления (обзор) // Овощи России. 2023. № 3 (71). С. 16-23. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-3-16-23 EDN: NHEYTE

187. Cheptou P., Donohue K. Environment-dependent inbreeding depression: its ecological and evolutionary significance. New Phytologist. 2011. 189(2):395-407. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03541.x EDN: YASAEA

188. Angeloni F., Ouborg N., Leimu R. Meta-analysis on the association of population size and life history with inbreeding depression in plants. Biological Conservation. 2011;(144):35-43.

189. Ветрова С. А., Козарь Е. Г., Федорова М. И. Ускорение селекционного процесса для создания линейного материала свеклы столовой // Овощи России. 2019. № 1. С. 29-36. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-29-36 EDN: FHKSEP

190. Bonnet A. Introduction and utilization of a cytoplasmatic male sterility in early European varieties of radish-Raphanus sativus L. // Ann. Amelior. Plantes. 1975. V. 25. №4. P. 381-397.

191. Кононков П. Ф., Кравчук В. Я., Мохов А. И., Рабунец Н. А. Самонесовместимость и использование ее для получения гетерозисных гибридов редиса // Труды по селекции овощных культур. М., 1977. С. 17-21.

192. Zhao H. X., Li Z. J., Hu S. W., Sun G. L., Chang J. J., Zhang Z. H. Identification of cytoplasm types in rapeseed (Brassica napus L.) accessions by multiplex PCR assay // *Theor. Appl. Genet*. 2010. V. 121. P. 643-650. DOI: 10.1007/s00122-010-1336-3 EDN: XUGFKX

193. Миронов А. А. Создание мужски стерильных линий лобы (Raphanus sativus L. convar. lobo Sazon. et Stankev), оценка комбинационной способности устойчивых к килю линий: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. М., 2010. 22 с. EDN: QGZEML

194. Янаева Д. А., Ховрин А. Н. Редис европейский: селекция и технология выращивания // Картофель и овощи. 2013. № 4.

195. Федорова М. И., Заячковская Т. В. Использование мужской стерильности типа Ogura в селекции редиса на гетерозис // Овощи России. 2011. № 4. С. 22-31. EDN: OZMDWN

196. Дикий С. П., Аникеенко В. С. К вопросу о восстановлении фертильности у бестычинковых форм перца // Тр. Майкопской оп. ст. ВИР, 1973. Вып. 6. С. 76-82.

197. Гикало Г. С., Латышева В. И. Цитоплазматическая мужская стерильнось у перца // Тр. Майкопской опытной станции ВИР, 1972. Вып. 5. С. 38-49.

198. Бухаров А. Ф., Бухарова А. Р. Интрогрессия, гетерозис и адаптогенез в селекции перца. Монография. М.: Изд-во РГАЗУ. 2011. 292 с. EDN: VUUQGV

199. Бухаров А. Ф., Соломатин М. И., Бухарова А. Р. Отдаленная гибридизация, гетерозис и методы адаптивной селекции перца в условиях центрального региона России. Монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2010. 331 с. ISBN: 978-5-94664-160-9 EDN: VRLCYT

200. Тимина О. О. Селекция на гетерозис перца сладкого на стерильной основе // Гетерозис с.-х. растений. М.: ВНИИССОК, 1997. С. 157-158.

201. Королева С. В. Создание линий перца сладкого при селекции на базе ЦМС // Селекция и семеноводство овощных культур. Сборник научных трудов. М., 2015. 631 с. EDN: UIXXYL

202. Шумилова Е. В., Королёва С. В. Контроль стерильности ЦМС-линии перца сладкого в камере искусственного климата // Рисоводство. 2025. Т. 24. № 3(68). С. 14-21. DOI: 10.33775/1684-2464-2025-68-3-14-22 EDN: BUIMRW

References

1. Pivovarov, V. F. (2006). Vegetables of Russia. Moscow: GNU VNIISOK. 384. ISBN: 5-901695-07-0 EDN: QKXTMT (in Russian).

2. Gins, M. S., Romanova, E. V., Plyushchikov, V. G., Gins, V. K. & Pivovarov, V. F. (2017). Functional Food Products from Plant Raw Materials. Moscow. 148. ISBN: 978-5-209-07694-0 EDN: ZFFAAT (in Russian).

3. Medelyaeva, A. Yu., Bukharov, A. F. & Trunov, Yu. V. A. (2020). Variety of Vegetable Crops for Creating Functional Food Products: *A Monograph*. - Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University. 159. ISBN: 978-5-94664-420-4 EDN: LRMDGR (in Russian).

4. Pivovarov, V. F. (2007). Selection and Seed Production of Vegetable Crops. Moscow: VNIISSOK Publishing House. 808. (in Russian).

5. Boos, G. V., Badina, G. V. & Burenin, V. I. (1990). Heterosis of Vegetable Crops. Leningrad: Agropromizdat. 223. (in Russian).

6. Zhuchenko, A. A. (1973). Genetics of Tomato. Chisinau: Ştiinţa. 663. (in Russian).

7. Zhukovsky, P. M. (1959). Heterosis of agricultural plants. *Bulletin of Agricultural Science*. 8. (in Russian).

8. Turbin, N. V. (1961). Heterosis and genetic balance. In the book: Heterosis. Minsk: Publishing House of the Academy of Sciences of the Byelorussian SSR. 3-34. (in Russian).

9. Filatov, G. V. (1988). Heterosis: Physiological and Genetic Basis. Moscow: Agropromizdat. 96. (in Russian).

10. Strunnikov, V. A. (1994). The Nature of Heterosis and New Methods for Increasing It. Moscow. 5-78. (in Russian).

11. Kilchevsky, A. V., Khotyleva, L. V., Tarutina, L. A. & Shapturenko, M. N. (2008). Heterosis in the Selection of Agricultural Plants. *Molecular and Applied Genetics*. 8. 7-24. EDN: BFKKLH (in Russian).

12.Titok, V. V. (2008). Bioenergetic Concept of Heterosis. *Molecular and Applied Genetics*. 8. 81-93. EDN: GUOASB (in Russian).

13. Turbin, N. V., Khotyleva, L. V. & Tarutina, L. A. (1974). Dial.Parallel analysis in plant breeding. Minsk: *Nauka i tekhnika*. 184. (in Russian).

14. Kilchevsky, A. V., Dobrodkin, M. M., Skorina, V. V. & et al. (2008). Genetic basis of tomato selection for heterosis. *Molecular and Applied Genetics*. 8. 25-39. EDN: BFWROK (in Russian).

15. Griffing, B. A. (1956). Generalized treatment of the use of diallel cross in quantitave inheritance. *Heredity*. 10. 31-50.

16. Mather, K. & Jinks, J. (1985). Biometric Genetics. M.: Mir. 403.

17. Fedin, M. A., Silis, D. Ya. & Smiryayev, A. V. (1980). Statistical Methods of Genetic Analysis. M.: Kolos. 207. EDN: TEVNYD (in Russian).

18. Ignatova, S. I. (1989). Selection of Heterosis Hybrid First Generation of Greenhouse Tomato with Group Disease Resistance. Abstract of Diss. … Dr. Agr. L. 48. EDN: ZJWAAX (in Russian).

19. Gavrish, S. F. (2005). Tomatoes. M.: Veche. 160. (in Russian).

20. Bekov, R. Kh. (2014). Tomato (effective use of genetic markers in breeding). M.: FGBNU "Rosinformagrotekh". 332. (in Russian).

21. Timina, O. O. & Ryabova, A. S. (2011). Patterns of Heterosis Manifestation in Capsicum annuum L. Depending on the Degree of Identity of Key Alleles of Economically Valuable Traits. *Agricultural Biology*. 1. 66-75. EDN: NNAFFN (in Russian).

22. Pyshnaya, O. N., Mamedov, M. I., Pivovarov, V. F. Pepper Breeding. - Moscow, 2012. 248 p. ISBN: 978-5-901695-51-7 EDN: QLDHLB (in Russian).

23. Shapturenko, M. N., Tarutina, L. A., Pechkovskaya, T. V. & et al. (2013). The use of RAPD markers for optimizing the selection of sweet pepper (Capsicum annuum L.) source material in heterosis breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 17. 1. 63-71. EDN: RUGQXH (in Russian).

24. Moiseeva, M. O., Pugacheva, I. G., Dobrodkin, M. M. & et al. (2015). Analysis of the heterosis effect in F1 sweet pepper hybrids. *Agriculture and Plant Protection*. 1. 14-19. EDN: YOKRXZ (in Russian).

25. Tkachenko, N. N. (1985). Dvudomnost' kogurtsa. *Fruktovo-ovoshchnoe khozyaistvo*. 3. 26-28. (in Russian).

26. Yurina, O. V., Pivovarov, V. F. & Balashova, N. N. (1998). Selektsiya i semenovodstvo tykvennykh kul'tur v Rossii. M. 424. (in Russian).

27. Dyutin, K. E. (2000). Genetics and Selection of Melon Crops. Moscow: Kolos. 231. (in Russian).

28. Monakhos, G. F., Kryuchkov, A. V., Monakhos, S. G. & et al. (2002). Technology of Non-Transplant Seed Production of Late Cabbage Hybrids Created on the Basis of Male Sterile Lines: Methodological Recommendations. Moscow: Moscow Agricultural Academy Publishing House. 20. (in Russian).

29. Monakhos, G. F. & et al. (2003). Guidelines for the creation and propagation technology of cabbage lines with cytoplasmic male sterility. Moscow, Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. 22. (in Russian).

30. Bondareva, L. L. (2009). Scientific substantiation and development of a system of methods for breeding and seed production of cabbage crops: Abstract of dissertation ... Doctor of Agricultural Sciences. 06.01.05. Moscow. 365. EDN: QEEIQL (in Russian).

31. Zhidkova, N. I. (1996). Breeding of varieties and heterosis hybrids of carrots with high-quality products: Abstract of dissertation ... Doctor of Agricultural Sciences. diss. d.s.-kh.n. M. 50. EDN: ZJXVVP (in Russian).

32. Litvivova, M. K. (1989). Selection and genetic methods of creating the source material in the selection of table root crops. Abstract of dis. … d.s.-kh.n. L. 48. (in Russian).

33. Timin, N. I. & Timina, L. T. (2015). Selection and genetic identification of inbred forms and lines of carrots / Selection and seed production of vegetable crops. 46. 555-560. EDN: UIXYLX (in Russian).

34. Kravtsova, M. V., Andryushchenko, V. K. & Strelnikova, T. R. (1991). Selection of table carrots for productivity and quality. Chisinau: Ştiinţa. 253. (in Russian).

35. Ugarova, S. V. (2003). Genetic Determinants of Carrot Traits in Heterosis Selection in Western Siberia. Barnaul: AltGTU Publishing House. 253. ISBN: 5-7568-0341-6 EDN: OUDQRP (in Russian).

36. Agafonov, A. F. & Logunova, V. V. (2018). Heterosis Selection of Onion. *Vegetables of Russia*. 5. 25-28. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-5-25-28 EDN: PJMNWD (in Russian).

37. Zayachkovsky, V. A., Startsev, V. I. & Balashova, N. N. (1999). Development of Heterosis Selection Elements for Table Beetroo. *Gavrish*. 3. 24-25. (in Russian).

38. Yanaeva, D. A. (2011). Creation of the Source Material for Heterosis Selection of European Radish (Raphanus sativus L. var. sativus) for Protected Ground: Dissertation... PhD in Agriculture. Moscow. 148. EDN: QFIGDB (in Russian).

39. Khovrin, A. N. & Monakhos, G. F. (2014). Production and Selection of Onion in Russia. *Potato and Vegetables*. 7. 18-21. EDN: SHFSZB (in Russian).

40. Petrov, D. F. (1978). Haploids in Higher Plants (Based on the Materials of the International Symposium. in Canada). *Apomixis in Plants and Animals*. Novosibirsk: Nauka. 3-44. (in Russian).

41. Shmykova, N. A., Suprunova, T. P. & Pivovarov, V. F. (2015). Biotechnological and Molecular Genetic Methods in the Selection of Vegetable Crops (on the 95th Anniversary of the All-Russian Research Institute of Vegetable Crops). *Agricultural Biology*. 50. 5. 561-570. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.561rus EDN: UXSRIN (in Russian).

42. Tyukavin, G. B. (2007). Fundamentals of Carrot Biotechnology: *Monograph*. Moscow, VNIISSOK. 480. ISBN: 978-5-901695-19-7 EDN: QKYZZT (in Russian).

43. Domblides, E. A., Belov, S. N., Soldatenko, A. V. & Pivovarov, V. F. (2019). Obtaining Doubled Haploids of Cucumber (Cucumis sativus L.). *Vegetables of Russia*. 5. 3-14. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-3-14 EDN: RRPPDP (in Russian).

44. Monakhos, S. G. (2016). Integration of Modern Biotechnological and Classical Methods in the Selection of Vegetable Crops: Dissertation. … dokt. s.-kh. nauk 06.01.05. M. 335. EDN: ZIYPBL (in Russian).

45. Alpat'ev, A. V. (1937). Instruction on conducting cross-breeding of tomatoes to obtain seeds that produce high yields in the first generation. M.: Publishing House of the People's Commissariat of Agriculture of the RSFSR. 20. (in Russian).

46. Kaul, M. L. H. (1988). Male Sterility in Higher Plants in Monographs on Theory Applied Genetics; Springer-Verlag, Berlin. 97-98.

47. Kempe, K. & Gils, M. (2011). Pollination control technologies for hybrid breeding. Molecular breeding. 27:417-437. DOI: 10.1007/s11032-011-9555-0 EDN: BPWRBE

48. Colombo, N. & Galmarini, C. R. (2017). The use of genetic, manual and chemical methods to control pollination in vegetable hybrid seed production: a review. Plant Breeding. 136:287-299.

49. Muthuvel, I. (2003). Studies on evaluation of F1 hybrids and exploring the possibilities of utilizing induced male sterility and natural self-incompatibility system in chilli (Capsicum annuum L.). Ph.D. Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore. DOI: 10.1007/s11032-011-9555-0 EDN: BPWRBE

50. Deepak, K. D., Deshpande, V. K., Vyakarnahal, B. S., Ravi Kumar, R. I., Uppar, D. S. & Hosamani, R. M. Chemical Induction of Male Sterility and Histological Studies in Okra (Abelmoschus esculentus (L.) Monech.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 007; 21:202-205. DOI: 10.1111/pbr.12473

51. Naveen, N., Pallavi, H. M., Satish, D., Sarvamangala, S. C., Ganiger, V. M. & Babu, A. G. Microsporogenesis manipulation by CHA's to eliminate emasculation in hybrid seed production of okra (Albemoschus esculemtum L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 2017; 5:623-630.

52. Badri, N. C., Kasem, P., Thanya, T. & Chairerg S. Development and maintenance of gynoecious lines of cucumber (Cucumis sativus L.). Kasetsart J. (Nat. Sci.). 2001. 35: 242-250.

54. Tarakanov, G. I. & Akhmadov, M. Kh. (1978). Heterosis of melons in greenhouse cultivation. *Potatoes and Vegetables*. 5. 34-35. (in Russian).

55. Tekhanovich, G. A. & Azarov, A. A. (1989). Heterotic melon hybrids based on female forms. *Scientific and Technical Bulletin of VIR*. 189. 36-38. EDN: XNCCSF (in Russian).

56. Ram, A., Singh, G. N., Shukla, H. S. & Rajbir, S. (2001). Effect of seed soaking acidith gibberellic acid on Gro animatth and fruiting of muskmelon (Cucumis melo L.). Har 6amana J. Hort. Sci. 30: 277-278.

57. Kooner, K. S., Jaskaran, S. & Saimbhi, M. S. (2000). Effect of plant grocutth substances on grocutth, se / e / editpression and fruit / editield and bottle gourd cv. Punjab Komal. Har 6amana J. Hort. Sci. 29 (3/4).

58. Hidayatullah, T., Mahmood, M., Farooq, M., Khokhar, A. & Hussain, S. I. Plant growth regulators affecting sexexpression of bottle gourd (Lagenaria siceraria Molina) plants. Pakistan J. Agric. Really. 2012. 25(1): 50.

59. Sandra, N. KumarLal, S., Chakrabarty, S. K. & Talukdar, A. the Effect of plant growth regulators on sex expression, fruit setting, seed yield and quality, and the parental lines for hybrid seed production, and bitter gourd (Momordica charantia). Indian Journal of Agriculture-al Sciences, 2015. 85(9), 1185-91. DOI: 10.56093/ijas.v85i9.51605

60. The Kaushal G. S. Effect of GA 3 and NAA on the bottle Gourd (Lagenaria siceraria) cv (MGH-4). International Journal of Current Microbiolog & Applied Sciences, 2020. 9(10), 2217-2221. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.268 EDN: ANWABP

61. Gopalkrishnan, P. K. (1978). Choudhur / B. effect of plant regulator SPRA / on modification of SE/, fruit set and development and / or / termelon (Citrullus lanatus L.). Indian J. Hort. 35: 235-241.

62. Kirillova, O. A., Bukharov, A. F., Ivanova, M. I. (2015). The effect of treating zucchini mother plants with ethrel on the proportion of female flowers and the seed yield of heterotic F1 hybrids. *Vestnik Altayskogo GAU*. 1 (123). 16-23. EDN: TBDCMR (in Russian).

63. Chaikin, K. O. Seed production of F1 squash hybrids using etrel in the Krasnodar Territory: diss. ... Candidate of Agricultural Sciences - Krasnodar, 2016. 127. (in Russian).

64. Kuzmin, S. V., Medvedev, A. V. & Bukharov, A. F. (2018). Obtaining hybrid zucchini seeds through open pollination. *Vegetables of Russia*. 1. 3236. EDN: XODPDN (in Russian).

65. Kuzmin, S. V., Medvedev, A. V. & Bukharov, A. F. (2019). Basic Principles of F1 Hybrid Seed Production of Zucchini at the Crimean Experimental Station of VIR. *Proceedings of KubSAU*. 80. 56-161. DOI: 10.21515/1999-1703-80-156-161 EDN: PDKIMX (in Russian).

66. Sonkar, S. K. (2003). Effect of plant Gro animatth regulators on SE animatepression and animatield of pumpkin (Cucurbita moschata Dutch. E/. Poir.). M.Sc. Thesis, VBS Poorvanchal Universit <url>, Jaunpur, India.

67. Saimbhi, M. S. & Thakur, M. R. (2006). Gro Animatth, se animat e animatepression and animatield of S animatuash melon (Citrullus vulgaris var. fistulosus) as Influ-enked B / 2 (chloroeth / 2) phosphonic acid, 2,3,5-triiodobenzoic acid and (2-chloroeth / 2) trimeth / 2-ammonium chloride. Ph. F. C. csiologia Plantarum, 28 (3):383387. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1973.tb08575.x

68. Jatoi, S. A., Javaid, A., Iqbal, M., Sayal, O. U., Masood, M. S. & Siddiqui, S. U. (2011). Genetic diversity in radish germplasm for morphological traits and seed storage proteins. Pakistan J. Bot. 43: 2507-2512.

69. Thomas, T. D. (2008). The effect of in vivo and in vitro applications of ethrel and GA3 on se / e / reaction in bitter melon (Momordica charantia L.). Euphamaktica. 164(2), 317-323. DOI: 10.1007/s10681-008-9658-9

70. Hidayatullah, T., Mahmood, M., Farooq, M., Khokhar, A. & Hussain, S. I. (2012). Plant growth regulators affecting sexexpression of bottle gourd (Lagenaria siceraria Molina) plants. Pakistan J. Agric. Really. 25(1): 50.

71. Bharathi, L. K. & John, K. J. (2013). Momordica genus, and Asia-an overvie. Springer. DOI: 10.1007/978-81-322-1032-0

72. Baset, M., M. A., Islam, M. S. & Shamsuddin, Z. H. (2014). Altered sexual expression by plant growth regulators: An overview and a medicinal vegetable bitter gourd (Momordica charantia L.). Journal of Medicinal Plants Research. 8(8), 361-367.

73. Ha, T. M. (2014). A review of the plants' flowering physiology: The control of floral ınduction by juvenility, temperature, and photoperiod, and the annual and ornamental crops. Asian Journal of Agriculture and Food Science. 2(3), 2321-1571.

74. Megharaj, K. C., Ajjappalavara, P. S., Appa, R., Manjunathago, C. D. & Bommesh, J. C. (2017). Sex manipulation in Cucurbitaceous vegetables. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6(8), 1839-1851. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.609.227

75. Hidayatullah, T., Mahmood, M., Farooq, M., Khokhar, A. & Hussain, S. I. Plant growth regulators affecting sexexpression of bottle gourd (Lagenaria siceraria Molina) plants. Pakistan J. Agric. Really. 2012. 25(1): 50. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.609.227

76. Ansari, A. M. & Chowdhary, B. M. (2018). Effects of boron and plant growth regulators on bottle gourd (Lagenaria siceraria (Molina) Standle). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 1965. 202-206.

77. Wamiq, M., Prasad, V. M. & Kaushal, G. S. Effect of GA 3 and NAA on yield of Bottle Gourd (Lagenaria siceraria) cv (MGH-4). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2020. 9(10), 2217-2221. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.268 EDN: ANWABP

78. Phetpradap, S., Hampton, J. G. & Hill, M. J. (1994). Effect of hand pinching and plant Gro animatth regulators on seed production of field Gro animatn H animatbrid dahlia. The Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 22(3):313-320. DOI: 10.1080/01140671.1994.9513840

79 Prajapati, S., Jamkar, T., Singh, O., Raypuriya, N., Mandloi, R. & Jain, P. (2015). Plant growth regulators in vegetable production: An overview. Plant Archives. 15:619-626.

80. Nagata, R. T. (1992). Clip-and-wash method of emasculation for the lettuce. HortScience. 27(8):907-908. DOI: 10.21273/HORTSCI.27.8.907

81. Goubara, M. & Takasaki, T. (2004). Pollination effects of the sweat bee Lasioglossum villosulum trichopse (Hymenoptera: Halictidae) on genic malesterile lettuce. *Applied entomology and zoology*. 39(1):163-169. DOI: 10.1303/aez.2004.163

82. D'andrea, L., Felber, F. & Guadagnuolo, R. (2008). Hybridization rates between lettuce (Lactuca sativa) and its wild relative (L. serriola) under field conditions. *Environmental Biosafet Entertainment Research*. 7(2):61-71.

83. Ludilov, V. A. & Ivanova, M. I. Rare and Less Common Vegetable Crops. Moscow: Rosinformagrotekh, 2009. 195 p. ISBN: 978-5-7367-0678-5 EDN: VMONNB (in Russian).

84. Kovalchuk, M. V. (2024). Study of the source material and selection of lettuce (Lactuca sativa L.) for hydroponic culture: Dissertation … Candidate of Agricultural Sciences. Moscow. 166. (in Russian).

85. Kovalchuk, M. V. (2024). Comparison of the effectiveness of various methods of hybridizing lettuce (Lactuca sativa L.) // Vegetables of Russia. 5. 5-11.DOI: 10.18619/2072-9146-2024-5-5-11 EDN: JGBYZR (in Russian).

86. Russian Patent No. 2593940 for the invention “Obtaining seeds of a hybrid Lactuca sativa” / Herve M., Sousin T. The patent holder is “Vilmorin” (FR).

87. Rubtsov, M. I. (1973). Michurin’s Methods in the Breeding of Vegetable Crops. Methods for Accelerating the Breeding of Vegetable Crops. L.: Kolos. 99-102. DOI: 10.18619/2072-9146-2024-5-5-11 EDN: JGBYZR (in Russian).

88. Kuzemenky, A. V. (2004). Selective-genetic studies of mutant tomato forms. Kharkiv. 392 (in Russian).

89. Rudas, A. P. Obtaining heterotic populations of tomato for use in open ground by sowing seeds. *Scientific and Technical Bulletin of VIR*. 82-87. (in Russian).

90. Soressi, G. P. (1969). Tomato mutants Flo animating EMS seed treatments Rep. TGC. 20:59.

91. Varivoda, E. A., Koleboshina, T. G. & Baibakova, N. G. (2017). Use of genetic markers in hybrid watermelon seed production. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 66. 50-54.DOI: 10.21515/1999-1703-66-50-54 EDN: ZDPEJX (in Russian).

92. Daskalov, H., Yordanov, M., Minkov, I. & Mitov, Z. (1966). Production of Hybrid Seeds of Vegetable Crops. Moscow: “Kolos”. 104. (in Russian).

93. Yordanov, M. (1987). Geterosis Tomata. In CN.: Geterosis. M.: Agropromizda. 239-271. (in Russian).

94. Rick, CM. & Robinson, J. (1951). Inherited defects of floral structure affecting fruitfulness, and L Animercopersicon esculentum. Um. J. Bot. 38. 63-652. DOI: 10.1002/j.1537-2197.1951.tb14871.x

95. Avdeev, Yu. I. (1982). Tomato Breeding. Kishinev: Shtiintsa. 282.

96. Makarova, T. V. (1966). Self-sterile tomato varieties and the possibility of their use in the production of hybrid seeds: Abstract of the dissertation … Candidate of Agricultural Sciences. Moscow. 27. EDN: ZMNCKH (in Russian).

97. Simonov, A. A. (1972). Inheritance of the long-stamen trait in tomato flowers. *Bulletin of VIR*. 23. 52-56. (in Russian).

98. Simonov, A. A. (1967). Types of sterility and their use for obtaining hybrid seeds. *Vestnik sel’skokhozyaystvennoy nauki.* 2. 27-33. (in Russian).

99. Shifriss, C. (1973). Additional spontaneous mele sterile mutant in Capsicum annuum Euphultica. 22. 527-529. DOI: 10.1007/bf00036651 EDN: WVIBIS

100. Mishra, S. & Kumari, V. (2018). Review on Male Sterility-Concepts and Utilization in Vegetable Crops. nt. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 7(2). 3016-3034. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.702.367

101. Bocharnikov, A. N. (2014). Functional Male Sterility and Its Use in the Selection of Vegetable and Melon Crops. *Vegetables of Russia*. 1 (22).14-17. EDN: RXSCXV (in Russian).

102. Tekhanovich, G. A. & Yelatskova, A. G. (2022). Collection of Melon Crops: Identification of Homologous Ranges of Hereditary Variability. *Vavilovia*. 5(2). 30-44. DOI: 10.30901/2658-3860-2022-2-o2 EDN: NOAWWB (in Russian).

103. Mikhov, A. & Lozanov, P. (1982). Dini and P'yepesh. 2nd edition. and additional edition. Plovdiv: Khristo G. Danov. 142.

104. Dolzhenko, M. V. & Bukharov, A. F. (2008). Characteristics of a New Original Feature of Functional Sterility in Patisson. *Introduction of Unconventional and Rare Plants*. Michurinsk: Publishing House of MICHGAU. 2. 211-212. (in Russian).

105. Surikov, I. M. (1972). Genetics of intraspecific incompatibility of the male gametophyte and pistil in flowering plants. *Successes of modern genetics*. M.: Nauka. 4. 119-169. (in Russian).

106. Maletsky, S. I. & Konovalov, A. A. (1991). Intraspecific self- and cross-incompatibility. Genetic control of sugar beet reproduction. Novosibirsk: Nauka. (in Russian).

107. Leunov, V. I. (2011). Table root crops in Russia. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK. 272. (in Russian).

108. Kryuchkov, A. V. (1977). Scheme of breeding four-line cabbage hybrids based on self-incompatibility. *Izvestiya TSKHA*. 1. 124-131. (in Russian).

109. Hiscock, S. J. (2002). Pollen recognition during the self-incompatibility response in plants. *Genome Biology*. 3(2): reviews1004.1-reviews1004.6.

110. Tkachenko, N. N. (1975). New about the sexual types of cucumber plants, their variability and heredity. *Tr. Kuban branch of VOGIS*. Krasnodar. 1. 146-156. (in Russian).

111. Razumova, O. V., Alexandrov, O. S., Bone, K. D., Karlov, G. I. & Divashuk, M. G. (2023). Sex Chromosomes and Sex Determination in Dioecious Agricultural Plants. *Agronomy*, 13(2), 540. DOI: 10.3390/agronomy13020540 EDN: DEPUFX (in Russian).

112. Pearson, O.H. (1987). Heterosis of Vegetable Crops. In: Heterosis. Moscow: Agropromizdat. 181-238. (in Russian).

113. Moreno-Pinel, R.; Castro-López, P.; Die-Ramón, J. V. & Gil-Ligero, J. Asparagus (2021). (Asparagus officinalis L.) Breeding. In Ad-vances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany. 425-469.

114. Pérez-Llorca, M.; Vilas, J. S. (2019). Sexual dimorphism in response to herbivory and competition in the dioecious herb Spinacia oleracea. Plant Ecol. 220 57-68. DOI: 10.1007/s11258-018-0902-7 EDN: HCMZXK

115. Pangalo, K. I. (1943). Gender and Flowering in Cultivated Cucurbitaceae // Bot. Zh. SSSR. 28. 1. 10-21. (in Russian).

116. Meshcherov, E. T. (1962). Variability of the Gender of Cucumber Plants and Its Significance in Breeding. *Tr. on Applied Bot., Gen. and sel.* XXXV. 1. 58-65. (in Russian).

117. Puzhenkov, V. I. (1972). Expression of sex in monoecious, partially dioecious, and unisexual forms of cucumber (Cucumis sativus L.). *Tr. on applied bot. gen. and sel.*48. 2. 174-190. (in Russian).

118. Pyzhenkov, V. I. & Malinina, M. I. (1994). Cultural Flora. Cucurbits (Cucumber, Melon). Moscow: Kolos. 21. 288. (in Russian).

119. Strelnikova, T. R. (1981). Methods of Breeding Heterosis Cucumber Hybrids for Protected Ground: Abstract. Diss. ... Dr. of Agricultural Sciences. Moscow. 32. (in Russian).

120. Tkachenko, N. N. (1968). Methods of Breeding Partially Dioecious Forms of Cucumbers. *Heterosis in Vegetable Growing*. Moscow: Kolos. 156-171. (in Russian).

121. Biryukova, N. K. (1991). Selection and Seed Production of Bee-Pollinated Cucumber Hybrids for Spring Greenhouses: PhD Thesis. Moscow. 234. EDN: WWJKBR (in Russian).

122. Chistyakov, A. A. & Monakhos, G. F. (2016). Features of Selection of F1 Zucchini Hybrids. *Potatoes and Vegetables*. 6. 39-40. EDN: WBEMBT (in Russian).

123. Tarakanov, G. I., Tekhanovich, G. A. & Yelatskova, A. G. (2001). Creation of Self-Pollinated Lines and Study of the Inheritance of Certain Genetic Traits in Summer Squashes. *Reports of the Moscow Agricultural Academy*. 273. 2. 275-279. EDN: WGHIFL (in Russian).

124. Tekhanovich, G. A. & Azarov, A. A. (1989). Heterosis hybrids of melon based on female forms. *Scientific and Technical Bulletin of VIR*. 189. 36-38. EDN: XNCCSF (in Russian).

125. Solovyeva, N. A. & Maryakhina, I. Ya. (1969). Feminization of Stamens in Tomatoes with Male Sterility. *Agricultural Biology*. 5. 935-936. (in Russian).

126. Anikeenko, V. S. (1980). High-Yielding Pepper Hybrids Obtained on a Sterile Base. *Proceedings of the Maikop Experimental Station of the All-Union Research Institute of Plant Industry*. 14. 65-68. (in Russian).

127. Varivoda, E. A. & Koleboshina, T. G. (2021). The Use of Heterosis in the Selection of Table Watermelon at the Bykovskaya Melon Experimental Station. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 4. 46-50. DOI: 10.21515/1999-1703-91-46-50 EDN: XGIMWB (in Russian).

128. Varivoda, E. A. (2022). Results and prospects of melon crop breeding and seed production at the Bykovskaya experimental station. *Izvestiya FNTSO*. 2. 7-14. DOI: 10.18619/2658-4832-2022-2-7-14 EDN: AXMYJU (in Russian).

129. Dhall, R. K. (2011). Advances in Research on Male Sterility. *The Science of Horticulture*. 114-133.

130. Dutin, K. E., Sokolov, S. D. & Puchkov, M. Yu. (2012). The Breeding Value of Male Sterility in the Selection of Pumpkin Crops. *Theoretical and Applied Problems of the Agro-Industrial Complex*. 3. 7-9. EDN: PGCDKN (in Russian).

131. Dutin, K. E. & Sokolov, S. D. (1990). Spontaneous Mutant of Watermelon with Male Sterility. *Cytology and Genetics*. 24. 2. 64-65. (in Russian).

132. Khadzhinov, M. I. (1968). Genetic Foundations of Cytoplasmic Male Sterility. *Heterosis: Theory and Practice. Scientific Works*. L.: Kolos. 265. (in Russian).

133. Palilova, A. N. (1969). Cytoplasmic Male Sterility in Plants. Minsk: Nauka i Tekhnika. 212. (in Russian).

134. Turbin, N. V. & Palilova, A. N. (1975). Genetic Foundations of Cytoplasmic Male Sterility in Plants. Minsk: Nauka i tekhnika. 184. (in Russian).

135. Ogura, H. (1968). Studies on the new male sterility in Japanese radish, with special reference to the utilization of this sterility towards the practical raising of hybrid seeds. *Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University*. 6. 39-78. (in Russian).

136. Bunin, M. S. (1994). Male sterility in agricultural plants of the Brassicaceae L. family. and its use in breeding. *Agricultural Biology. Series: Plant Biology*. 1. 20-31. (in Russian).

137. Renard, M, Delourme, R, Mesquida, J, Pelletier, G, Primard, C, Boulidard, L. & et al. (1992). Male sterilities and F1 hybrids in Brassica. *In: Reproductive Biology and Plant Breeding*. Manhattan, New York City: Springer. 107-119. DOI: 10.1007/978-3-642-76998-6_11

138. Monakhos, G. F., Kryuchkov, A. V., Monakhos, S. G. & et al. (2009). Technology of propagation of self-incompatible lines and seedless seed production of cabbage hybrids: methodological recommendations. Moscow: Publishing House of the Russian State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. 64. EDN: QLASKJ (in Russian).

139. Bukharov, A. F., Bukharova, A. R., Fomina, A. A., Kozar, E. G. & Balashova, I. T., Mashchenko, N. E. (2016). Increase in the seed productivity of the parent line of the F1 hybrid of white cabbage under the action of steroid glycosides. *Vegetables of Russia*. 4. 60-65. EDN: XVRUFX (in Russian).

140. Balashova, I. T., Kozar, E. G., Bukharov, A. F. & et al. (2017). The Role of Steroid Glycosides in the Ecologization of Vegetable Seed Production. *Advances in Modern Science*. 9. 1. 83-91. EDN: ZELAUJ (in Russian).

141. Bukharov, A. F., Kozar, E. G., Balashova, I. T. & et al. (2019). The effect of the steroid glycoside Moldstim on the seed productivity of the zucchini line. *The Role of Physiology and Biochemistry in the Introduction and Selection of Agricultural Plants*. Moscow: RUDN University. 2. 36-39. DOI: 10.22363/09359-2019-36-39 EDN: UZPTVK (in Russian).

142. Dhall, R. K. (2010). Status of male sterility in vegetables for hybrid development. A review. Advances in Horticultural Science. 24(4):263-279.

143. Brar, N. S., Kaushik, P. & Dudi.BS. (2019). Assessment of natural ageing related physio-biochemical changes in onion seed. Agriculture. 9 (8):163. DOI: 10.3390/agriculture9080163

144. Kvasnikov, B. V. (1985). Research results on carrot breeding techniques and the creation of interlinear F1 / EUCARPIA hybrids. 24-28. (in Russian).

145. Timin, N. I. & Mokhov, A. I. (1976). Investigation of inheritance features of carrot CMS. *Proceedings on breeding and seed production of vegetable crops*. Moscow: VNIISSOK Publ. 32-36. (in Russian).

146. Mikheev, Yu. G. (1987). Obtaining heterotic carrot hybrids using CMS lines: abstract. diss. … k.s.-kh.n. Mytishchi. 18. (in Russian).

147. Mokhov, A. I. (1972). Some issues of studying forms of carrots with male sterility for the purpose of using in selection for heterosis: author's abstract. diss. … k.s.-kh.n. M. 24. EDN: ZMLLKP (in Russian).

148. Khovrin, A. N. (2022). Directions and Results of Research on the Selection of Table Carrots. *Potato and Vegetables*. 9. 37-40. DOI: 10.25630/PAV.2022.32.71.005 EDN: SSGQFQ (in Russian).

149. Yamagishi, H. & Bhat, S.R. (2014). Cytoplasmic male sterility in Brassicaceae crops. Breeding Science. 64 (1):38-47. DOI: 10.1270/jsbbs.64.38

150. Chada, M. L. & Frese L. (1981). Observations on a petaloidy type of male sterility on carrots (Daucus carota L.). Gartenbauwiss. 46. 21-24.

151. Morelock, T. S. (1974). The influence of the cytoplasmic source on the manifestation of male sterility in carrot (Daucus carota L.). USA: Dissertation, University. Arkansas.

152. Mehring-Lemper, M. (1987). Genetic-selection studies on the development of hybrid carrot varieties (Daucus carota L.): Diss. University. Hannover, Germany.

153. Notnagel, T. & Steinbom, R. A (1991). New source of male sterility in the genus Daucus. *EU-CARPIA Meeting on Carrot Breeding* Paris.

154. Notnagel, T., Strak, P. & Budann, H. (1997). Development of new mutation control systems for carrot breeding. J. Appl. Genet. 18A. 172-177.

155. Jones, H. A. & Clark, A. E. (1943). Inheritance of male sterility in onion and the production of hybrid seeds. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci*. 43. 189-194.

156. Liu, B., Ho, Y., Yang, Y., Gao, L., Yang, Y. & et al. (2019). Development of a method for genotyping the male fertility of onion (Allium cepa L.) based on multiplex PCR / Wu. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 95. 203-210. DOI: 10.1080/14620316.2019.1656113

157. Gökçe, A. F. & et al. (2002). Molecular mapping of the Ms locus in onion. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 127. 4. 576-582.

158. Simon, F., Freeman, R., Vieira, J., Boiteau, L., Briar, M., Notnagel, T., Michalik, B. & Kwon, Y. (2008). Carrot. *Vegetables II. Handbook of Plant Breeding*. 2. 327-357. DOI: 10.1007/978-0-387-74110-9_8

159. Berninger, E. (1965). Contribution to the study of male sterility in onion (Allium cepa L.). *Ann. Amelior. Plant*. 5. 183-199.

160. Kitagawa, J., Obedient, U., Gerrat, J. M. & Volin, D. J. (1994). Analysis of the development and morphology of homeotic cytoplasmic male sterile and fertile carrot flowers. *Sex Plant Reprod*. 7. 41-50. DOI: 10.1007/BF00241886

161. Eidlin, Ya. T., Monakhos, G. F. & Monakhos, S. G. (2021). Marker-mediated selection in the creation of lines of sterility fixers for onions (A. cepa L.) resistant to peronosporosis. *Vegetables of Russia*. 3. 34-39. DOI: 10.18619/2072-9146-2021-3-34-39

EDN: IQNFIE (in Russian).

162. Notnagel, T. & Steinbom, R. A (1991). New source of male sterility in the genus Daucus. *EUCARPIA Carrot Breeding Meeting*, Paris.

163. Notnagel, T., Straka, P. & Budann, H. (1997). Development of new CMS systems for carrot breeding. J. Appl. Genet. 38A. 172-177.

164. Hevey, M. J. & Kim, S. (2021). Molecular characterization of commercially used cytoplasmic male-sterile onion varieties. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 146. 5. 351-355. DOI: 10.21273/jashs05083-21 EDN: FUVATL

165. Yu, N. & Kim, S. (2021). Identification of Ms2, a new locus controlling the restoration of male fertility in cytoplasmic male sterility in onions (Allium cepa L.), and the development of closely related molecular markers. *Euphytica*. 217. 10. 191. DOI: 10.1007/s10681-021-02927-4 EDN: VUFCPS

166. Colombo, N. & Galmarani, K. R. (2017). The use of genetic, manual and chemical methods for pollination control in the production of seeds of vegetable hybrids: a review. Plant breeding. 1-17. DOI: 10.1111/pbr.12473

167. McCollum, G. D. (1980). The creation of an amphidiploid Allium galanthum × A. cepa. J. Heredity 71: 445-447. EDN: IROZTL

168. Havey, M. J. (1999). Seed yield, flower morphology, and lack of restoration of male fertility in onion populations (Allium cepa) with male sterility, possessing the cytoplasm of Allium galanthum. DOI: 10.21273/JASHS.124.6.626

169. Havey, M. J. (2000). Diversity of cytoplasm causing male sterility and cytoplasm, ensuring male fertility, in onions. *Theoretical and Applied. Genetics*. 101. 778-782. DOI: 10.1007/s001220051543 EDN: JPOZPQ

170. Santos, K. A. F., Leite, D. L., Oliveira, V. R. & Rodrigue, M. A. (2010). Marker breeding of supporting lines in a tropical onion population. *Sci. Agric*. 67, 2, Piracicaba, March/April. 223-227. DOI: 10.1590/S0103-90162010000200015

171. Suprunova, T. P., Logunov, A. N., Logunova, V. V. & Agafonov, A. F. (2011). Determination of the type of cytoplasmic male sterility of onion (Allium cepa L.) breeding by VNIISSOK using molecular markers. *Vegetables of Russia*. 4 (13). EDN: OZMDWD (in Russian).

172. Domblides, A. S. (2020). Search for genes that are sources of the sterility trait in onion samples using DNA markers. *Vegetables of Russia*. 5. 15-19. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-5-15-19 EDN: MLHOOE (in Russian).

173. Khrustaleva, L. & et al. (2023).Two-stage identification of N-, S-, R-, and T-type cytoplasm in onion breeding lines using high-resolution melt (HRM)-based markers. *International Journal of Molecular Sciences*. 24. 2. 1605. DOI: 10.3390/ijms24021605 EDN: MFPLVR (in Russian).

174. Hevey, M. J. (2024). Single-nucleotide polymorphism unique to the Galanthum-CMS gene of onion. *HortScience*. 59. 1. 8-10. DOI: 10.21273/hortsci17412-23 EDN: ZIOJON

175. Manjunathagouda, D. K. & et al. (2021). Male sterility in onion (Allium cepa L.): origin, evolutionary status, and prospects. *Genetic Resources and Evolution of Agricultural Crops*. 68. 421-439. DOI: 10.1007/s10722-020-01077-1 EDN: SWCYLN

176. Pavlova, I. V., Kupreenko, N. P. & Bulakhova, A. S. (2018). The use of DNA markers to study cytoplasmic male sterility in onion (Allium cepa L.). *Vegetables of Russia*. 4. 16-19. DOI: 10.18619/2072-9146-2018-4-16-19 EDN: UURASI (in Russian).

177. Hevey, M. J. & Kim, S. (2021). Characterization of molecular markers in commercially used cytoplasmic male-sterile onion varieties. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 146. 5. 351-355. DOI: 10.21273/jashs05083-21 EDN: FUVATL

178. Ferreira, R. R., Santos C. A. F. & Oliveira V. R. (2017). Fertility restoration locus and cytoplasm types in onion / R.R. Ferreira. *Genetics and Molecular Research*. 16. 1-11. DOI: 10.4238/gmr16039766

179. Cherednichenko, E. A. (2022). Selection and creation of the source material of onions (Allium cepa L.) for the southern region of the Russian Federation: dis. ... Candidate of agricultural Sciences, Moscow. 190. EDN: PGBOIQ (in Russian).

180. Eydlin, Ya.T. (2025). Creation of F1 hybrids onions (Allium cepa L.) with group resistance to peronosporosis and pink root rot: dissertation, PhD. 114. (in Russian).

181. Alizhanova, R. R. (2019). Creation and evaluation of a source material resistant to powdery mildew for the breeding of F1 hybrids of onions: dissertation. *Agricultural research*. 103. EDN: HZJNZJ (in Russian).

182. Owen, F. W. (1942). Inheritance of cross-sterility and self-sterility, as well as self-fertility in Beta vulgaris L. *Journal of Agricultural Research.* (64):679-698.

183. Fedorova, M. I., Vetrova, S. A. & Kozar, E. G. (2011). Features of the phenotypic manifestation of the CMS trait in seed plants of table beet. *Vegetables of Russia.* 3. 18-23. EDN: OZMDRD (in Russian).

184. Kozar, E. G., Fedorova, M. I., Vetrova, S. A. & Zaychkovsky, V. A. (2015). The relationship between the pigment composition and the marker coloration of sterile anthers of CMS plants of table beet. *New and non-traditional plants and the prospects for their use*. (11):221-225. EDN: UQHOUH (in Russian).

185. Fedorova, M. I., Vetrova, S. A. & Kozar, E. G. (2013). Features of the reproduction of inbred offspring of table beets when selecting for heterosis (review article). *Molecular and Applied Genetics*. 14. 121-129. EDN: HUVHMG (in Russian).

186. Vetrova, S. A., Kozar, E. G. & Fedorova, M. I. (2023). Morphobiological features of the generative organs of fertile and sterile beet plants and their variability as a result of self-pollination (review). *Ovoschi Rossii.* 3 (71). 16-23. DOI: 10.18619/2072-9146-2023-3-16-23 EDN: NHEYTE (in Russian).

187. Cheptou, P. & Donohue, K. (2011). Environment-dependent inbreeding depression: its ecological and evolutionary significance. New Phytologist. 189(2):395-407. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03541.x EDN: YASAEA

188. Angeloni, F., Ouborg, N. & Leimu, R. Meta-analysis on the association of population size and life history with inbreeding depression in plants. Biological Conservation. 2011; (144):35-43. DOI: 10.1016/j.biocon.2010.08.016

189. Vetrova, S. A., Kozar, E. G. & Fedorova, M. I. (2019). Accelerating the breeding process to create linear material of table beets. *Vegetables of Russia*. 1. 29-36. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-29-36 EDN: FHKSEP (in Russian).

190. Bonnet, A. (1975). Introduction and utilization of a cytoplasmatic male sterility in early European varieties of radish — Raphanus sativus L. *Ann. Amelior. Plantes*. 25. 4. 381-397.

191. Kononkov, P. F., Kravchuk, V. Ya., Mokhov, A. I. & Rabunets, N. A. (1977). Self-incompatibility and its use for obtaining heterotic radish hybrids. *Proceedings on the breeding of vegetable crops*. Moscow. 17-21. (in Russian).

192. Zhao, H. X., Li, Z. J., Hu, S. W., Sun, G. L., Chang, J. J. & Zhang, Z. H. (2010). Identification of cytoplasm types in rapeseed (*Brassica napus* L.) accessions by multiplex PCR assay. *Theor. Appl. Genet*. 121. 643-650. DOI: 10.1007/s00122-010-1336-3 EDN: XUGFKX

193. Mironov, A. A. (2010). Creation of male sterile lines of lobo (Raphanus sativus L. convar. lobo Sazon. et Stankev), assessment of the combinational ability of keel-resistant lines: abstract of dissertation. ... Candidate of Agricultural Sciences. Moscow. 22. EDN: QGZEML (in Russian).

194. Yanaeva, D. A. & Khovrin, A. N. (2013). European radish: breeding and cultivation technology. *Potatoes and Vegetables*. 4. (in Russian).

195. Fedorova, M. I. & Zayachkovskaya, T. V. (2011). Use of Ogura-type male sterility in the selection of radishes for heterosis. *Vegetables of Russia*. 4. 22-31. EDN: OZMDWN (in Russian).

196. Dikiy, S. P. & Anikeenko, V. S. (1973). On the Restoration of Fertility in the Stameless Forms of Pepper. *Proceedings of the Maikop Experimental Station of the All-Russian Research Institute of Plant Industry*. 6. 76-82. (in Russian).

197. Gikalo, G. S. & Latysheva, V. I. (1972). Cytoplasmic Male Sterility in Peppers / Proceedings of the Maikop Experimental Station of the All-Russian Research Institute of Plant Industry. 5. 38-49. (in Russian).

198. Bukharov, A. F. & Bukharova, A. R. Introgression, Heterosis, and Adaptogenesis in Pepper Breeding. *Monograph*. M.: RGAZU Publishing House. 2011. 292 p. EDN: VUUQGV (in Russian).

199. Bukharov, A. F., Solomatin, M. I. & Bukharova, A. R. (2010). Distant hybridization, heterosis, and methods of adaptive selection of peppers in the central region of Russia. *Monograph*. Michurinsk: Publishing House of Michurinsky State Agrarian University. 331. ISBN: 978-5-94664-160-9 EDN: EDN: VRLCYT (in Russian).

200. Timina, O. O. (1997). Breeding for sweet pepper heterosis on a sterile basis. *Heterosis of agricultural plants*. Moscow: VNIISSOK. 157-158. (in Russian).

201. Koroleva, S. V. (2015). Creation of sweet pepper lines in breeding on the basis of CMS. *Breeding and seed production of vegetable crops. Collection of scientific papers*. Moscow. 631. EDN: UIXXYL

202. Shumilova, E. V. & Koroleva, S. V. (2025). Control of the sterility of the CMC line of sweet pepper in the artificial climate chamber. *Rice growing*.24. 3(68). 4-21. DOI: 10.33775/1684-2464-2025-68-3-14-22 EDN: BUIMRW (in Russian).

Информация об авторах:

Александр Федорович Бухаров, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник;
ID: http://orcid.org/0000-0003-1910-5390, e-mail: afb56@mail.ru

Мария Ивановна Иванова✉, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН;
ID: http://orcid.org/0000-0001-7326-2157, e-mail: ivanova_170@mail.ru

Виктория Сергеевна Морозова, аспирант;
e-mail: vikylik.2026@mail.ru

Information about the authors:

Alexander F. Bukharov, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher;
ID: http://orcid.org/0000-0003-1910-5390, e-mail:afb56@mail.ru

Maria I. Ivanova✉, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences;
ID: http://orcid.org/0000-0001-7326-2157 , e-mail:ivanova_170@mail.ru

Victoria S. Morozova, postgraduate student;
e-mail: vikylik.2026@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no competing interests.

Статья поступила в редакцию 14.07.2026; одобрена после рецензирования 22.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 14.07.2026; approved after reviewing 22.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 661.162.66:633.16:57.042
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-35-42

ЭФФЕКТИВНОСТЬ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ВНЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ ЯЧМЕНЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ ФОНАХ

Е. В. Товстик[1]✉, О. Н. Шуплецова[2], И. Н. Щенникова[2], А. М. Шеромов[1]
[1] Вятский государственный университет, Киров, Россия.
[2] Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, Киров, Россия.

Резюме. *Исследования проводили летом 2024 г. на базе ФАНЦ Северо-Востока с целью сравнительной оценки влияния обработки салициловой кислотой (СК) на ячмень (Hordeum vulgare L.) при различных почвенных стрессорах. Объектами исследования служили сорт 'Боярин' и его регенерантные формы, полученные в результате клеточной селекции на устойчивость к токсичности кадмия, повышенной кислотности и засухе (RA-Cd, RA-Al, RA-ПЭГ соответственно). Варианты опыта включали почвенные фоны: контрольный (pH = 6,8); с кадмием (Cd, подвижная форма 19,2 ± 1,5 мг/кг; pH = 4,6); кислый (pH = 4,6); засуха (отсутствие атмосферных осадков в межфазный период «выход в трубку – колошение»; pH = 6,8). Для моделирования фонов использовали суглинистую дерново-подзолистую почву. Обработку ячменя СК осуществляли при наступлении фаз «кущение» и «выход в трубку». Отбор листьев для исследования проводили в фазу «колошение». Установлено, что обработка СК приводила к увеличению на 21% длины подфлагового листа исходного сорта в контрольных условиях. У регенерантных форм влияние обработки СК на длину и площадь подфлагового листа оценивали как незначительное на всех почвенных фонах. Обработанные СК регенеранты (RA-Cd, RA-Al, RA-ПЭГ) на контрольном (15, 20, 19%) и засушливом почвенном фоне (13, 15, 18%) демонстрировали меньшую, по сравнению с исходным сортом, длину подфлагового листа. В условиях повышенной кислотности отмечали смягчающее действие СК. В большей степени обработка СК влияла на RA-Al, у которого наблюдали снижение на 19 и 16% свободной фракции фенольных соединений в листьях на контрольном и кислом почвенном фоне соответственно. Установлена взаимосвязь изменения морфометрических параметров роста подфлаговых листьев ячменя с трансформацией фенольного статуса растений, в т.ч. в условиях обработки СК.*

Ключевые слова: регуляторы роста, кислотность, засуха, кадмий, регенерант, подфлаговый лист, морфологические признаки, фенольные соединения

Финансирование: Работа выполнена в рамках темы Госзадания ФГБНУ «ФАНЦ Северо-Востока» FNMW-2025-0007, FNMW-2025-0008

Для цитирования: Товстик Е. В., Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н., Шеромов А. М. Эффективность салициловой кислоты для внекорневой обработки ячменя на различных почвенных фонах // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т 11, № 4. С. 35-43. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-35-42

Original article

EFFICIENCY OF SALICYLIC ACID FOR FOLIAR TREATMENT OF BARLEY ON DIFFERENT SOIL BACKGROUNDS

E. V. Tovstik[1]✉, O. N. Shupletsova[2], I. N. Shchennikova[2], A. M. Sheromov[1]
[1] Vyatka State University, Kirov, Russia.
[2] Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia.

Abstract. The studies were conducted in the summer of 2024 at the Federal Scientific Center of the North-East with the aim of comparatively assessing the effect of salicylic acid (SA) treatment on barley (*Hordeum vulgare* L.) under various soil stressors. The objects of the study were the 'Boyarin' variety and its regenerated forms obtained as a result of cell selection for resistance to cadmium toxicity, high acidity and drought (RA-Cd, RA-Al, RA-PEG, respectively). The experimental variants included the following backgrounds: control (pH = 6.8); with cadmium (Cd, mobile form 19.2 ± 1.5 mg/g; pH = 4.6); acidic (pH = 4.6); drought (absence of precipitation during the interphase period "tube emergence – heading"; pH = 6.8). Loamy sod-podzolic soil was used to simulate the backgrounds. The barley was treated with SA at the stages of tillering and booting. The leaves were selected for the study at the heading phase. It was found that the SA treatment led to a 21% increase in the length of the subflag leaf of the original variety under control conditions. In regenerated forms, the effect of SA treatment on the length and area of the subflag leaf was estimated as insignificant under all soil backgrounds. The regenerants (RA-Cd, RA-Al, RA-PEG) treated with SA under the control (15, 20, 19%) and dry soil backgrounds

© Товстик Е. В., Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н., Шеромов А. М., 2026

(13, 15, 18%) demonstrated a smaller length of subflag leaves compared to the original genotype. Under conditions of increased acidity, a softening effect of SA was noted. The effect of SA treatment had a greater impact on RA-Al, which showed a decrease of 19 and 16% in the free fraction of phenolic compounds in the leaves on the control and acidic soil background, respectively. A relationship was established between changes in the morphometric parameters of the growth of barley subflag leaves and the transformation of the phenolic status of plants under SA treatment conditions.

Keywords: growth regulators, acidity, drought, cadmium, regenerant, subflag leaf, morphological features, phenolic compounds

Funding: State Assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Agrarian Scientific Center of the North-East”, projects FNMW-2025-0007 and FNMW-2025-0008.

For citation: Tovstik, E. V., Shupletsova, O. N., Shchennikova, I. N. & Sheromov, A. M. (2026). Efficiency of salicylic acid for foliar treatment of barley on different soil backgrounds. *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj selskohozyajstvennoj akademii* (*Bulletin Samara State Agricultural Academy*). 11, 4, 35-43. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-35-42 (in Russian).

Введение. Перспективным экологически безопасным способом борьбы с окислительным стрессом у растений, является применение иммуностимуляторов. Запуская в клетках сигнально-регуляторные каскады реакций, иммуностимуляторы активируют экспрессию генов, контролирующих биосинтез вторичных метаболитов, в том числе фенольных соединений (ФС), обладающих потенциалом антиоксидантного действия [1].

В настоящее время наиболее изученным иммуностимулятором является салициловая кислота (СК). Установлено, что эффект ее применения зависит от многих факторов. Они включают видовую и сортовую специфичность, фазу развития растений, восприимчивость целевых тканей, длительность обработки [2, 3]. В большинстве научных исследований демонстрируется положительное влияние СК на растения [4, 5]. В некоторых из них, напротив, отмечается снижение роста корня и гипокотиля проростков, уменьшение содержания пантотеновой кислоты в корнях [6], накопление дегидринов и усиление окислительных повреждений [7].

К числу зерновых культур с высокой чувствительностью к почвенным стрессорам относится ячмень (*Hordeum vulgare* L.). Это связано с его относительно слаборазвитой корневой системой, а также низкой способностью к хелатообразованию [8]. В работах, посвященных изучению ячменя, продемонстрирована роль экзогенной СК в его устойчивости к некоторым биотическим [9] и отдельным абиотическим факторам, включая загрязнение почвы пестицидами [10], кадмием [11], засуху [12]. При этом сведения об эффективности СК в качестве стресспротектора в условиях повышенной почвенной кислотности ограничены. Нерешенным также остается вопрос выбора оптимальной для обработки концентрации СК, избыток которой может усугублять окислительный стресс [13].

Цель исследований – оценка влияния обработки ячменя салициловой кислотой на смягчение стресса, вызванного кадмием, кислотностью и засухой.

Задачи исследований – определить морфометрические параметры подфлагового листа растений ячменя, оценить содержание в нем свободной и связанной фракции фенольных соединений.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в вегетационных опытах на базе ФАНЦ Северо-Востока в 2024 году (г. Киров, Кировская область, Россия). Регион расположен в центральной климатической зоне Северо-Востока Европейской части России и характеризуется умеренно-континентальным климатом с четко выраженной сезонностью. Сроки проведения опыта совпадали с вегетационным периодом (май – август). Средняя температура в мае составляла +7,5; июне +18,8; июле +19,8; августе +16,2°С (https://rp5.ru/). Условия проведения опыта были близки к полевым.

Объектом исследования служил ячмень сорта ‘Боярин’ и его регенерантные формы во втором поколении, полученные в каллусной культуре на средах с селективными агентами: линия RA-Cd – 15 мг/дм^3 Cd^{2+}(pH = 4,5), линия RA-Al – 40 мг/дм^3 Al^{3+} (pH = 3,8); линия RA-ПЭГ – 15% ПЭГ (pH = 5,6).

Схема опыта включала четыре почвенных фона: контрольный (pH = 6,8); с кадмием (Cd, подвижная форма 19,2 ± 1,5 мг/кг; pH = 4,6), кислый (pH = 4,6), засуха (отсутствие атмосферных осадков в межфазный период «выход в трубку – колошение»; pH = 6,8).

Для создания стрессовых условий использовали суглинистую дерново-подзолистую почву (содержание органического вещества 1,2-2,0% по ГОСТ 26213-2021; подвижного фосфора P_2O_5 – 51,6-82,2 мг/кг, нитратного азота – 2,3-2,8 мг/г по ГОСТ Р 54650-2011). Для моделирования кадмиевого загрязнения в почву вносили ацетат кадмия – Cd $(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$. Превышение ОДК кадмия в почве при этом составило 19,2 раз (СанПиН 1.2.3685-21). Засуха обеспечивалась пленочным покрытием вегетационной емкости, исключающим парниковый эффект, в межфазный период растений «выход в трубку – колошение». Выбор данного промежутка вегетации для моделирования засухи был обусловлен тем, что в условиях центральной агроклиматической зоны Кировской области растения ячменя более часто испытывают недостаток влаги в период прохождения фаз «кущение» и «колошение» [14].

Кислый фон был представлен почвой, характеризующейся естественным уровнем кислотности (pH = 4,6).

Почва контрольного фона была близка по физико-химическим характеристикам к опытным вариантам и отличалась более низким естественным уровнем кислотности (pH = 6,8), чем почвенный фон с кадмием и повышенной кислотностью (pH = 4,6).

Почву помещали в емкости размером 1,5×1,3×0,3 м, в каждую рядками высевали семена ячменя в количестве 35 шт. Площадь питания растений составляла 4×15 см. Выращивание ячменя осуществляли в естественных условиях. В период вегетации поддерживали влажность почвы на уровне 60% от полной влагоемкости (исключение засушливый фон в сроки моделирования засухи). По окончанию моделируемого периода засухи запасы продуктивной влаги в почве составляли 5,4%.

Обработку растений СК проводили дважды за вегетационный период при наступлении фаз «кущение» (03.06.2024) и «выход в трубку» (17.06.2024). Растения равномерно опрыскивали (1%-ым) водно-спиртовым раствором СК концентрацией 2 мМ/дм^3. Выбор концентрации СК опирался на общерекомендуемую дозу для обработки семян перед посевом, равную 7,2 мМ/дм^3. Расход раствора при первой обработке составлял 50 см^3/м^2, второй – 100 см^3/м^2. Контрольные растения опрыскивали эквивалентным количеством (1%-го) водно-спиртового раствора.

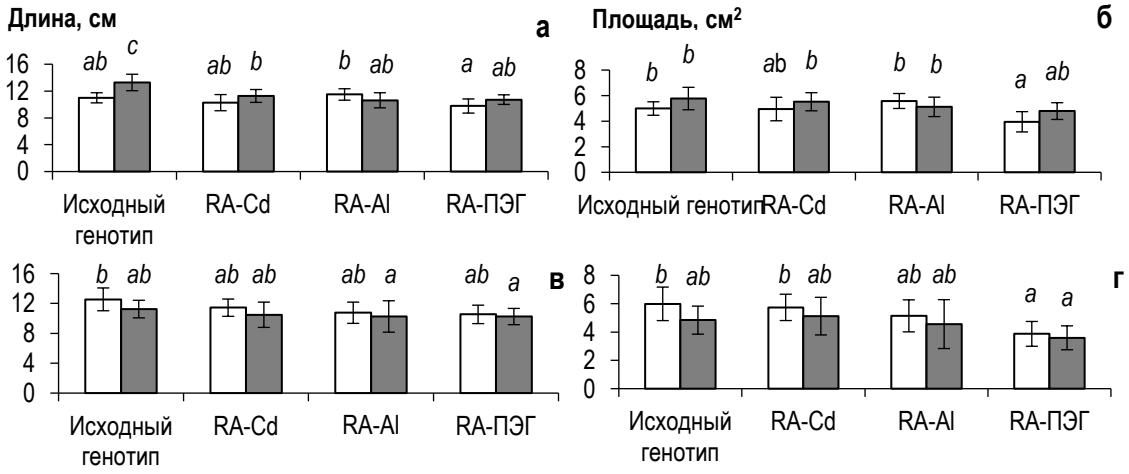
Реакцию ячменя на СК оценивали по изменению морфометрических параметров и фенольного статуса подфлаговых листьев, а также взаимосвязи этих показателей.

При наступлении фазы «колошение» с 20 случайных растений ячменя срезали подфлаговый лист. Определяли параметры роста (длина, площадь), а также содержание ФС (общее количество/сумма, свободная фракция). Выбор подфлагового листа в качестве объекта исследования был обусловлен его значимостью в фотосинтетических процессах, а также вкладом в формирование урожайности зерна.

Перед проведением исследования осуществляли фотосъемку листьев растений, с последующим анализом изображений в программе ImageJ (https://imagej.net/ij/). Определение содержания ФС проводили с реактивом Фолина-Чокальтеу методом спектрофотометрии. Оптическую плотность реакционной смеси измеряли на спектрофотометре марки ПЭ-5300ВИ (Россия). Свободные ФС экстрагировали 70%-ым этиловым спиртом при температуре +5°С в течение 16 часов, общие (сумма) ФС, в том числе связанные с клеточной стенкой – раствором гидроксида натрия (2н.) при температуре +80°С в течение 2-х часов на водяной бане марки LOIP LB-212 (Россия). Содержание ФС было стандартизовано по галловой кислоте [15].

Данные представляли в виде средних значений ± стандартное отклонение (n = 3). Разные буквы на графиках указывают на значительную разницу при $p < 0,05$ по критерию LSD (наименьшее значимое различие). Для установления статистической зависимости между морфометрическими переменными и содержанием ФС рассчитывали коэффициенты корреляции Пирсона (*r*). Графическую обработку данных выполняли с использованием программы Excel для Microsoft Office 2007.

Результаты исследования. Согласно полученным результатам, длина подфлагового листа у необработанных СК генотипов ячменя варьировала от 9,7 до 13,1 см и зависела, как от почвенного фона, так и генотипа (рис. 1 а-з).



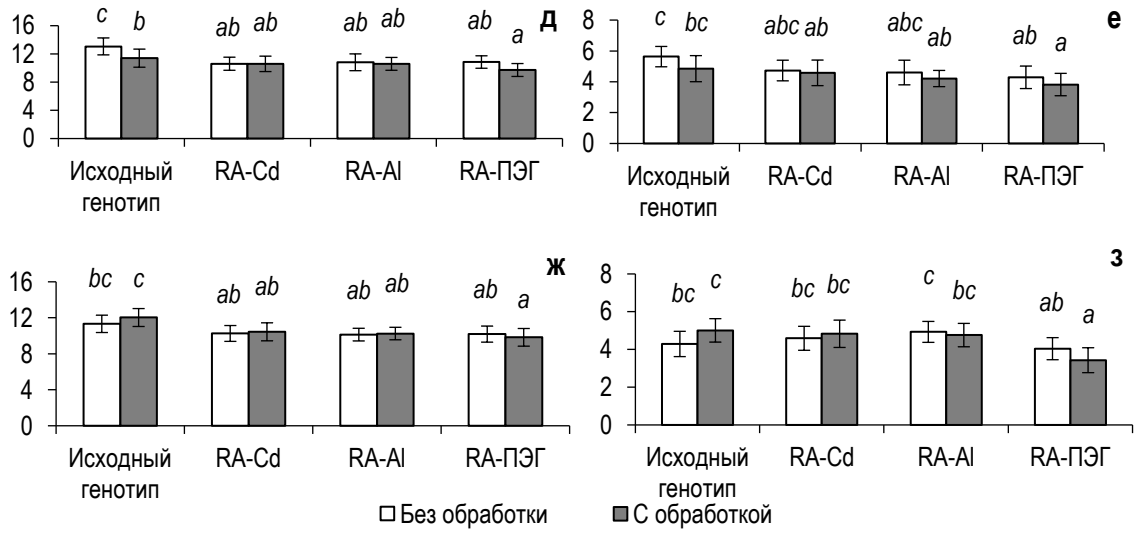


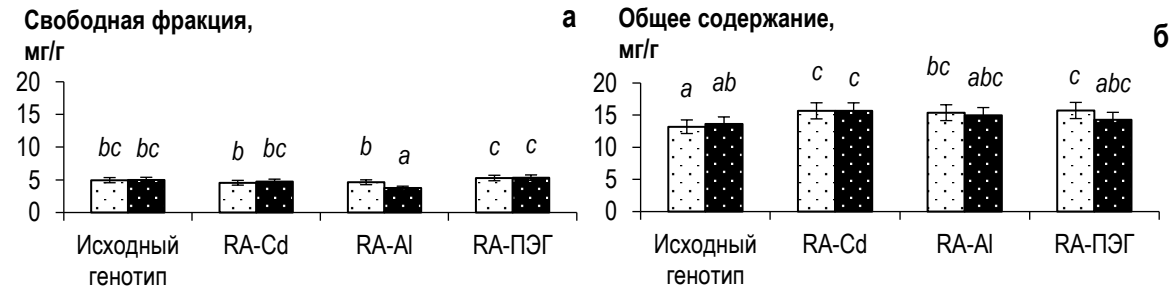
Рис. 1. Влияние салициловой кислоты на параметры подфлагового листа растений ячменя различных генотипов на контрольном почвенном фоне (а, б), с кадмием (в, г), кислом (д, е) и засушливом (ж, з)

На большинстве почвенных фонов статистически значимых различий в параметрах подфлагового листа между регенерантами и исходным генотипом не выявлено. Только в условиях повышенной кислотности исходный сорт характеризовался достоверным преимуществом по длине листа над регенерантами RA-Cd (на 19%), RA-Al и RA-ПЭГ (на 17%). Полученные данные свидетельствовали об избирательной уязвимости указанных генотипов к почвенной кислотности на фоне их относительно высокой адаптивности к другим абиотическим стрессорам (кадмий, засуха).

В условиях обработки СК различия по длине подфлагового листа между генотипами проявились более контрастно. У исходного сорта обработка СК на контрольном почвенном фоне привела к увеличению длины листа на 21% по сравнению с необработанным контролем, что свидетельствовало о его повышенной чувствительности к действию СК. Регенеранты характеризовались более низкими значениями длины листа по сравнению с исходным сортом, как на контрольном, так и засушливом почвенном фоне. Снижение у RA-Cd соответственно составило на 15 и 13%; RA-Al – 20 и 15%; RA-ПЭГ – 19 и 18%. В условиях повышенной кислотности – напротив, различия между генотипами при обработке СК становились менее выраженными.

Обработка СК практически не влияла на изменение площади листа (3,9-5,9 см^2 без обработки; 3,4-5,8 см^2 при ее наличии). В пределах исследуемых почвенных фонов регенераты в большинстве случаев достоверно не отличались от исходного сорта по данному показателю. Исключение составил RA-ПЭГ, у которого при отсутствии обработки СК во всех вариантах, кроме засухи, фиксировали меньшую на 17–26% площадь листьев по сравнению с исходным сортом. При обработке СК различия между RA-ПЭГ и исходным сортом существенно сокращались и становились статистически несущественными. Исключение составили условия засухи, где разница сохранялась на уровне 32% в пользу исходного сорта.

Общее содержание ФС в подфлаговых листьях варьировало от 11,5 до 15,7 мг/г (рис. 2 б, г, е, з).



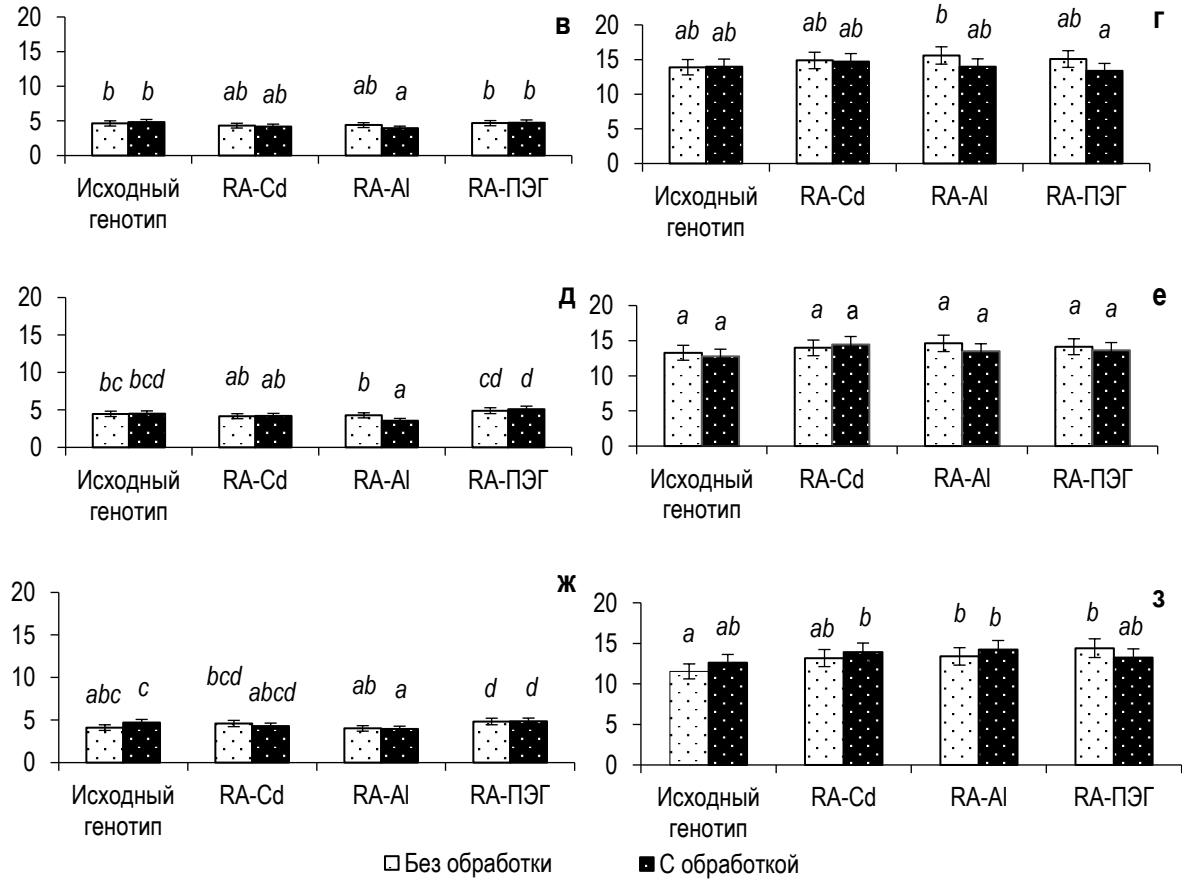


Рис. 2. Влияние салициловой кислоты на содержание фенольных соединений в подфлаговом листе растений ячменя различных генотипов на контрольном почвенном фоне (а, б), с кадмием (в, г), кислом (д, е) и засушливом (ж, з)

Независимо от наличия обработки СК, регенеранты в контроле и при засухе характеризовались более высоким, чем у исходного сорта, общим содержанием ФС в подфлаговом листе. Различие для RA-Cd соответственно составило 19 и 14%; RA-Al – 17 и 16%; RA-ПЭГ – 19 и 25%. На почвенном фоне с кадмием и в условиях повышенной кислотности достоверных различий между генотипами по общему содержанию ФС не выявлено.

Свободная фракция ФС в листьях находилась в пределах 3,6–5,1 мг/г, что составило менее 50% от их общего пула (рис. 2 а, в, д, ж). Обработка СК не оказала значимого влияния на содержание свободной фракции ФС в подфлаговом листе у большинства генотипов. Исключением явился регенерант RA-Al, у которого на контрольном, кадмиевом и кислом почвенных фонах при обработке СК наблюдалось снижение показателя на 25, 18 и 21% соответственно.

Анализ коэффициентов корреляции Пирсона позволил установить различную степень взаимосвязи между параметрами оценки (табл.).

Таблица

Взаимосвязь между параметрами оценки подфлагового листа растений ячменя на разных почвенных фонах

Фон	Содержание фенольных соединений	Длина листа		Площадь листа	
		Без обработки	С обработкой	Без обработки	С обработкой
Контроль	Свободные	-0,55*	0,34	-0,84*	0,0009
	Общее	-0,43	-0,64*	-0,23	-0,12
С кадмием	Свободные	0,15	0,55	-0,43	-0,39
	Общее	-0,92**	0,16	-0,54*	0,91*
Кислый	Свободные	0,12	-0,41	-0,27	-0,29
	Общее	-0,84*	-0,50	-0,83*	-0,24
Засуха	Свободные	-0,42	0,21	-0,63*	-0,55
	Общее	-0,89*	-0,67*	-0,09	0,09

Примечание: в таблице приведены значения коэффициента корреляции Пирсона. Значимость на уровне 5% обозначена «*», на уровне 1% «**».

При обработке СК среднюю (0,50 < r ≤ 0,69) и умеренную положительную корреляцию (0,30 < r ≤ 0,49) отмечали между длиной подфлагового листа и содержанием в нем свободной фракции ФС на кадмиевом (0,55) и контрольном фоне (0,34); сильную положительную (r > 0,70) – между площадью листа и общим содержанием в нем ФС на почвенном фоне с кадмием. В остальных случаях значения коэффициентов корреляции были либо низкими, либо отрицательными. Чаще всего более высокий уровень ФС фиксировали у генотипов с меньшей длиной и площадью подфлагового листа. Подобный эффект был наиболее выражен у генотипов, не обработанных СК. Известно, что сокращение площади листовой поверхности является одним из ключевых адаптивных ответов на стресс, вызванный, в том числе засухой, засолением и прочими факторами [16]. Помимо морфологических изменений растения активируют биохимические защитные механизмы. Среди них выработка ФС. Обладая антиоксидантными свойствами, эти биологически активные вещества играют значимую роль в адаптации растений, способны подавлять накопление токсичных форм кислорода, защищать биологические макромолекулы и клеточные структуры от окислительных повреждений [17].

Наличие сильной отрицательной корреляции (-0,84– -0,92) между общим содержанием ФС и длиной листа фиксировали на всех почвенных фонах, кроме контроля (-0,43). Более высокое накопление ФС в стрессовых условиях у необработанных СК генотипов с более коротким листом указывало на их большую стрессоустойчивость по сравнению с формами, имеющими более длинный лист. Аналогичные изменения, связанные с повышенной адаптацией к различным гидротермическим условиям вегетационного периода, были обнаружены у альтернативных генотипов черного ячменя (*Hordeum vulgare* var. nigricans и *H. v*. var. rimpaui) [18].

Сильную отрицательную корреляцию регистрировали между площадью листа и содержанием в нем сводной фракции, а также суммой ФС на контрольном (-0,84) и кислом почвенном фоне (-0,83).

В условиях обработки СК среднюю отрицательную корреляцию отмечали между длиной листа и общим содержанием в нем ФС на всех почвенных фонах (0,50-0,67), кроме кадмия (0,16); среднюю и умеренную отрицательную – между уровнем свободной фракции ФС и площадью листа на засушливом (-0,55) и почвенном фоне с кадмием (-0,39). Выявленный уровень связи указывал на смягчающее действие СК в условиях стресса. При сохранении относительно крупных листьев в условиях обработки СК уровень ФС оставался достаточным для защиты. Кадмий как тяжелый металл оказывал специфическое токсическое действие, которое частично нивелировало эффект обработки СК.

Заключение. Таким образом, морфометрическая и биохимическая оценка подфлагового листа растений ячменя показала различную реакцию генотипов на почвенные фоны. При этом растения используют комбинированную стратегию для выживания в неблагоприятных условиях. Если в большинстве случаев морфометрические показатели листа регенерантов (прошедшие целевой отбор *in vitro* к исследуемым стрессорам) имели тенденцию к снижению (достоверно на кислом фоне) по сравнению с исходным сортом, то фенольный синтез усиливался (достоверно на засушливом фоне). Данные результаты свидетельствуют об активизации адаптационных механизмов регенерантных генотипов, в т.ч. неспецифического характера, в неблагоприятных условиях.

Применение СК в концентрации 2 мМ/дм^3 не обеспечило стабильной отзывчивости у растений. Однако выявленные различия между необработанными СК регенерантами и исходным генотипом, отсутствовали у растений, подвергнутых обработке, что указывает на смягчающее действие СК в применяемой концентрации в условиях стресса. Выявленные у необработанных СК растений различия в ответных реакциях на стресс могут быть связаны с фенотипической стабильностью регенерантов, формируемой в результате клеточной селекции, направленной на повышение устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Корреляционный анализ позволил заключить, что взаимосвязи между параметрами оценки роста подфлагового листа растений ячменя и содержанием в нем ФС в различных почвенных условиях имеют сложную природу. При этом часто изменения морфометрических параметров сопровождаются трансформацией фенольного статуса листьев. В условиях применения СК можно ожидать увеличение содержания свободной фракции ФС у генотипов с меньшей длиной и площадью листьев.

Список источников

1. Лубянова А. Р., Безрукова М. В., Шакирова Ф. М. Взаимодействие сигнальных путей при формировании защитных реакций растений в ответ на стрессовые факторы окружающей среды // Физиология растений. 2021. Т. 68. № 6. С. 563-578. DOI: 10.31857/S0015330321060129 EDN: WPCFDO

2. Пиголев А. В., Дегтярёв Е.А., Мирошниченко Д. Н., Савченко Т. В. Перспективы применения жасмонатов, салицилатов и абсцизовой кислоты в сельском хозяйстве для повышения стрессоустойчивости растений (Обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 1. С. 3-22. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.3rus EDN: TMMWCW

3. Осипова Л. В., Любунь Е. В., Курносова Т. Л., Быковская И. А. и др. Содержание биофильных элементов в зерне ячменя в зависимости от уровня питания и предобработки салициловой кислотой // Плодородие. 2024. № 4 (139). С. 84-89. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.19 EDN: FSTXLE

4. Якунина А. В., Синицына Ю. В. Влияние салициловой и янтарной кислот на показатели роста и фотосинтеза и содержание хлорофилла в растениях пшеницы, выращенных в условиях водного дефицита // Агрохимия. 2023. № 1. С. 39-48. DOI: 10.31857/S000218812301012X EDN: FEBRYH

5. Ласточкина О. В., Реут А. А., Биглова А. Р., Аллаярова И. Н. Влияние бактерий и салициловой кислоты на декоративность *Campanula alliariifolia* в Башкирском Предуралье // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 139-150. DOI: 10.26897/0021-342X-2024-2-139-150 EDN: MMKWJD

6. Смашевский Н. Д., Ионова Л. П. Салициловая кислота как антивитамин пантотеновой кислоты в растительном организме // Астраханский вестник экологического образования. 2018. № 5 (47). С. 76-83. EDN: YCKDBZ

7. Сан С., Си Д. Х., Фен Х., Ду Ц. Б. и др. Двойственное действие салициловой кислоты на накопление дегидринов в проростках ячменя, подвергнутых водному стрессу // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 3. С. 388-394. EDN: KAVKIP

8. Косарева И. А. Изучение коллекции сельскохозяйственных культур и диких родичей по признакам устойчивости к токсическим элементам кислых почв // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2012. Т. 170. С. 34-45. EDN: UBGLSN

9. Манжелесова Н. Е., Полянская С. Н., Корытько Л. А. Действие 24-эпибрассинолида в сочетании с салициловой кислотой на устойчивость растений ярового ячменя к грибной инфекции // Ботаника. Исследования. 2019. № 48. С. 252-264. EDN: CNSPEP

10. Spormann S., Soares C., Fidalgo F. Salicylic acid alleviates glyphosate-induced oxidative stress in *Hordeum vulgare* L. // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 241. P. 226-234. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.04.035

11. Tamás L., Mistrík I., Alemayehu A., Zelinová V., et al. Salicylic acid alleviates cadmium-induced stress responses through the inhibition of Cd-induced auxin-mediated reactive oxygen species production in barley root tips // Journal of Plant Physiology. 2015. Vol. 173. P. 1-8. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.08.018

12. Islam S. M. N., Paul N., Rahman M. M., Haque M. A., et al. Salicylic Acid Application Mitigates Oxidative Damage and Improves the Growth Performance of Barley under Drought Stress // Phyton-International Journal of Experimental Botany. 2023. Vol. 92(5). P. 1513-1537. DOI: 10.32604/phyton.2023.025175 EDN: UOKTXL

13. Guo B. Chapter 14: Role of Salicylic Acid in Mitigating Cadmium Toxicity in Plants. In: Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. From Physiology to Remediation. M. Hasanuzzaman, M. Narasimha, V. Prasad, M. Fujita (Eds). London: Academic Press, Elsevier, 2019. P. 349-374. DOI: 10.1016/B978-0-12-814864-8.00014-0 EDN: YCBBDN

14. Щенникова И. Н. Влияние погодных условий на рост и развитие растений ячменя в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 4 (41). С. 9-12. EDN: SGWETZ

15. Шеромов А. М., Товстик Е. В., Шуплецова О. Н. Валидация методики определения свободных и связанных полифенолов в растениях ячменя методом спектрофотометрии // Экобиотех. 2024. Т. 7. № 2. С. 80-85. DOI: 10.31163/2618-964X-2024-7-2-80-85 EDN: ABQUAL

16. Makhtoum S., Sabouri H., Gholizadeh A., Ahangar L., et al. QTLs Controlling Physiological and Morphological Traits of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Seedlings under Salinity, Drought, and Normal Conditions // BioTech. 2022. Vol. 1(3). P. 26. DOI: 10.3390/biotech11030026 EDN: PFNMUU

17. Васфилова Е. С. Значение биологически активных соединений для повышения собственной устойчивости растений к неблагоприятным абиотическим воздействиям // Растительные ресурсы. 2024. Т. 60. № 3. С. 3-20. DOI: 10.31857/S0033994624030013 EDN: PUGUUO

18. Szczepanek M., Nowak R., Błaszczyk K. Physiological and Agronomic Characteristics of Alternative Black Barley Genotypes (*Hordeum vulgare* var. nigricans and *H. v*. var. rimpaui) under Different Hydrothermal Conditions of the Growing Seasons // Agriculture. 2023. Vol. 13(10). P. 2033. DOI: 10.3390/agriculture13102033 EDN: HJLKIK

References

1. Lubyanova, A. R., Bezrukova, M. V. & Shakirova, F. M. (2021). Interaction of signaling pathways in the formation of plant defense reactions in response to environmental stress factors. *Fiziologiya rastenij (Russian Journal of Plant Physiology).* 68(6). 563-578. DOI: 10.31857/S0015330321060129 EDN: WPCFDO (in Russian).

2. Pigolev, A. V., Degtyaryov, E. A., Miroshnichenko, D. N. & Savchenko, T. V. (2023). Prospects for the use of jasmonates, salicylates and abscisic acid in agriculture to increase stress resistance of plants (Review). *Sel'skohozyajstvennaya biologiya (Agricultural Biology)*. 58(1). 3-22. DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.3rus EDN: TMMWCW (in Russian).

3. Osipova, L. V., Lyubun', E. V., Kurnosova, T. L., Bykovskaya, I. A. & et al. (2024). The content of biophilic elements in barley grain, depending on the level of nutrition and pretreatment with salicylic acid. *Plodorodie.* 4(139). 84-89. DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.19 EDN: FSTXLE (in Russian).

4. Yakunina, A. V. & Sinitsyna, YU. V. (2023). Influence of salicylic and succinic acids on the indicators of growth and photosynthesis and the content of chlorophyll in wheat plants grown under water deficiency. *Agrohimiya*. 1. 39-48. DOI: 10.31857/S000218812301012X EDN: FEBRYH (in Russian).

5. Lastochkina, O. V., Reut, A. A., Biglova, A. R. & Allayarova, I. N. (2024). Effect of bacteria and salicylic acid on the ornamentalness of *Campanula alliariifolia* in the Bashkir Cis-ural region. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2. 139-150. DOI: 10.26897/0021-342X-2024-2-139-150 EDN: MMKWJD (in Russian).

6. Smashevskij, N. D. & Ionova, L. P. (2018). Salicylic acid as an antivitamin of pantothenic acid in the plant body. *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya (Astrakhan Bulletin of Ecological Education)*. 5(47). 76-83. EDN: YCKDBZ (in Russian).

7. San, S., Si, D. H., Feng, H., Du, Ts. B. & et al. (2009). The dual effect of salicylic acid on the accumulation of dehydrins in barley seedlings exposed to water stress. *Fiziologiya rastenij (Russian Journal of Plant Physiology)*. 56(3). 388-394. EDN: KAVKIP (in Russian).

8. Kosareva, I. A. (2012). The study of crops and wild relative's collections for signs of resistance to toxic elements of acid soils. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 170. 35-45. EDN: UBGLSN (in Russian).

9. Manzhelesova, N. E., Polyanskaya, S. N. & Koryt'ko, L. A. (2019). The effect of 24-epibrassinolide in combination with salicylic acid on the resistance of spring barley plants to fungal infection. *Botanika. Issledovaniya*. 48. 252-264. EDN: CNSPEP (in Russian).

10. Spormann, S., Soares, C. & Fidalgo, F. (2019). Salicylic acid alleviates glyphosate-induced oxidative stress in *Hordeum vulgare* L. *Journal of Environmental Management*. 241. 226-234. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.04.035

11. Tamás, L., Mistrík, I., Alemayehu, A., Zelinová, V. & et al. (2015). Salicylic acid alleviates cadmium-induced stress responses through the inhibition of Cd-induced auxin-mediated reactive oxygen species production in barley root tips. *Journal of Plant Physiology*. 173. 1-8. DOI: 10.1016/j.jplph.2014.08.018

12. Islam, S. M. N., Paul, N., Rahman, M. M., Haque, M. A. & et al. (2023). Salicylic Acid Application Mitigates Oxidative Damage and Improves the Growth Performance of Barley under Drought Stress. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*. 92(5). 1513-1537. DOI: 10.32604/phyton.2023.025175 EDN: UOKTXL

13. Guo, B. (2014). Chapter 14: Role of Salicylic Acid in Mitigating Cadmium Toxicity in Plants. *In: Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. From Physiology to Remediation*. *M. Hasanuzzaman, M. Narasimha, V. Prasad, M. Fujita (Eds).* London: Academic Press, Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-814864-8.00014-0 EDN: YCBBDN

14. Shchennikova, I. N. (2014). Influence of weather conditions on growth and development of barley plants in Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka.* 4(41). 9-12. EDN: SGWETZ (in Russian).

15. Sheromov, A. M., Tovstik, E. V. & Shuplecova, O. N. (2024). Accumulation of zinc and cadmium in barley plants obtained by the cellular selection method. *Ekobiotekh.* 7(2). 80-85. DOI: 10.31163/2618-964X-2024-7-2-80-85 EDN: ABQUAL (in Russian).

16. Makhtoum, S., Sabouri, H., Gholizadeh, A., Ahangar L. & et al. (2022). QTLs Controlling Physiological and Morphological Traits of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Seedlings under Salinity, Drought, and Normal Conditions. *BioTech*. 11(3). 26. DOI: 10.3390/biotech11030026 EDN: PFNMUU

17. Vasfilova, E. S. (2024). Significance of biologically active compounds in plants for increasing their self-resistance to unfavorable abiotic impacts. *Rastitel'nye resursy (Vegetation Resources)*. 60(3). 3-20. DOI: 10.31857/S0033994624030013 EDN: PUGUUO (in Russian).

18. Szczepane, k M., Nowak, R. & Błaszczyk, K. (2023). Physiological and Agronomic Characteristics of Alternative Black Barley Genotypes *(Hordeum vulgare* var. nigricans and *H. v*. var. rimpaui) under Different Hydrothermal Conditions of the Growing Seasons. *Agriculture*. 13(10). 2033. DOI: 10.3390/agriculture13102033 EDN: HJLKIK

Информация об авторах:

Евгения Владимировна Товстик✉, кандидат биологических наук, доцент;
ID: http://orcid.org/0000-0003-1861-6076; e-mail: tovstik2006@inbox.ru

Ольга Наумовна Шуплецова, доктор биологических наук;
ID: http://orcid.org/0000-0003-4679-0717; e-mail: olga.shuplecova@mail.ru

Ирина Николаевна Щенникова, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН;
ID: http://orcid.org/0000-0002-5143-9246; e-mail: i.schennikova@mail.ru

Антон Михайлович Шеромов, аспирант.
ID: http://orcid.org/0009-0005-8691-4042; e-mail: stud208013@vyatsu.ru

Information about the authors:

Evgeniya V. Tovstik✉, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0003-1861-6076; e-mail: tovstik2006@inbox.ru

Olga N. Shupletsova, Doctor of Biological Sciences;
ID: http://orcid.org/0000-0003-4679-0717; e-mail: olga.shuplecova@mail.ru

Irina N. Shchennikova, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;
ID: http://orcid.org/0000-0002-5143-9246; e-mail: i.schennikova@mail.ru

Anton M. Sheromov, Postgraduate Student.
ID: http://orcid.org/0009-0005-8691-4042; e-mail: stud208013@vyatsu.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 16.06.2026; одобрена после рецензирования 18.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 16.06.2026; approved after reviewing 18.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 633.521:631.527
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-43-51

СОЗДАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ К АНТРАКНОЗУ ЛИНИЙ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА МЕТОДАМИ *IN VITRO* И ИХ SSR-АНАЛИЗ

***Т. А. Базанов*[1]✉, *Н. В. Пролетова*[1], *Н. Н. Логинова*[1], *Е. В. Минина*[1], *П. Д. Вересова*[1]**
[1] Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия.

Резюме. *Лен-долгунец (Linum usitatissimum L.) является ценной технической культурой, однако его возделывание существенно усложняется антракнозом, вызываемым грибом Colletotrichum lini, который приводит к значительным потерям урожая и снижению качества волокна. Для решения проблемы устойчивости применяются биотехнологические методы, включая клеточную селекцию с использованием культурального фильтрата патогена. В настоящем исследовании методом эмбриокультуры in vitro и клеточной селекции на устойчивость к антракнозу получены 10 линий льна-долгунца и проведен их SSR- анализ с применением 22 микросателлитных маркеров. Все линии прошли трехлетнюю полевую оценку и показали стабильную устойчивость к патогену на уровне 50-62 %. В результате SSR-анализа выявлено 47 аллелей; 16 локусов оказались полиморфными, 6 – мономорфными. Среднее число аллелей на локус (2,2) и PIC (0,24) оказалось низким, что ожидаемо для близкородственных регенерантов от ограниченного числа родительских форм. Для каждой линии составлен индивидуальный генетический паспорт, позволяющий однозначную идентификацию генотипов. Кластерный анализ методом Neighbor-Joining и метод главных координат PCoA разделили образцы на три группы, структура которых полностью соответствует происхождению регенерантов, что подтверждает надежность протокола регенерации и информативность SSR-маркеров для дифференциации близкородственных генотипов. Восемь локусов отобраны как кандидаты на маркеры устойчивости к антракнозу; их наличие у всех регенерантов может указывать на селективное давление или связь с генами устойчивости. Полученные результаты демонстрируют, что SSR-анализ является эффективным инструментом для генетического мониторинга линий в процессе селекции, включая идентификацию, паспортизацию и поиск маркеров устойчивости. Выявленные локусы-кандидаты могут быть использованы в маркер-ассоциированной селекции для ускоренного создания устойчивых к антракнозу сортов льна-долгунца.*

Ключевые слова: лен-долгунец, антракноз, *in vitro*, регенеранты, SSR-анализ, клеточная селекция, генетическая паспортизация, маркеры устойчивости

***Финансирование*:** Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России по теме FGSS-2026-0002.

Для цитирования: Базанов Т. А., Пролетова Н. В., Логинова Н. Н., Минина Е. В., Вересова П. Д. Создание устойчивых к антракнозу линий льна-долгунца методами *in vitro* и их SSR-анализ // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т 11, № 4. С. 43-51. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-43-51

Original article

CREATION OF ANTHRACNOSE-RESISTANT FIBER FLAX LINES BY *IN VITRO* METHODS AND THEIR SSR-ANALYSIS

***T. A. Bazanov*[1]✉, *N. V. Proletova*[1], *N. N. Loginova*[1], *E. V. Minina*[1], *P. D. Veresova*[1]**
[1] Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia.

Abstract. Fiber flax (*Linum usitatissimum* L.) is a valuable industrial crop; however, its cultivation is significantly complicated by anthracnose, caused by the fungus *Colletotrichum lini*, which leads to significant yield losses and a decrease in fiber quality. Biotechnological methods, including cell selection using pathogen culture filtrate, are used to address the resistance problem. In this research 10 fiber flax lines were obtained for anthracnose resistance using *in vitro* embryo culture and cell selection, and SSR-analysis was performed using 22 microsatellite markers. All lines underwent a three-year field evaluation and demonstrated stable resistance to the pathogen at a level of 50-62%. SSR analysis revealed 47 alleles; 16 loci were polymorphic, 6 were monomorphic. The average number of alleles per locus (2.2) and PIC (0.24) was low, which is expected for closely related regenerants from a limited number of parental forms. An individual genetic passport was compiled for each line, allowing for unambiguous identification of genotypes. Cluster analysis using the Neighbor-Joining method and the PCoA principal coordinates method divided the accessions into three groups, the structure of which fully corresponds to the origin of the regenerants, confirming the reliability of the regeneration protocol and the informativeness

© Базанов Т. А., Пролетова Н. В., Логинова Н. Н., Минина Е. В., Вересова П. Д., 2026

of SSR-markers for differentiating closely related genotypes. Eight loci were selected as candidate anthracnose resistance markers; their presence in all regenerants may indicate selective pressure or a link with resistance genes. The obtained results demonstrate that SSR-analysis is an effective tool for genetic monitoring of lines during the breeding process, including identification, certification, and the search for resistance markers. The identified candidate loci can be used in marker-assisted selection for the accelerated creation of anthracnose-resistant flax varieties.

Keywords: fiber flax, anthracnose, *in vitro*, regenerants, SSR-analysis, cell selection, genetic certification, resistance markers

Funding: This research was carried out as part of the state assignment of the Russian Ministry of Education and Science, topic FGSS-2026-0002.

For citation: Bazanov, T. A., Proletova, N. V., Loginova, N. N., Minina, E. V. & Veresova, P. D. (2026). Creation of anthracnose-resistant fiber flax lines by *in vitro* methods and their SSR-analysis. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 11, 4, 43-51. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-43-51 (in Russian).

Введение. Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является важной технической культурой в Российской Федерации, сырье которого используется в текстильной, целлюлозно-бумажной и оборонной промышленностях. Однако успешное возделывание этой культуры сдерживается рядом биотических факторов, среди которых особое место занимает антракноз, вызываемый грибом *Colletotrichum lini* Manns et Bolley, паразитирующий на семенах льна и растительных остатках [1]. Поражение посевов льна антракнозом приводит к значительным потерям урожая и снижению качества волокна на 30% и более [2].

Селекция на устойчивость к этому патогену ведется, в том числе в ФГБНУ ФНЦ ЛК, однако зависимость возбудителя от климатических условий не позволяет создавать стабильно устойчивые к нему сорта льна. Так, например, два сорта льна-долгунца Дипломат и Крепыш, устойчивые к антракнозу (устойчивость 57-65%), в зависимости от климатических условий, вегетационного периода и, соответственно, проявления болезни, ежегодно изменяют устойчивость с поражением посевов до 75% [3].

Для решения проблемы устойчивости, помимо традиционных методов, используют биотехнологические приемы [4, 5]. Одним из наиболее эффективных подходов является клеточная селекция с использованием селективного агента и регенерация *in vitro* через каллусную культуру, которые позволяют получать новые генотипы, в том числе с измененными признаками [6]. Исследователями разработана эффективная селективная система «гриб *Colletotrichum lini* - лен» с использованием культурального фильтрата штаммов возбудителя антракноза и эмбриокультуры, использование которой способствует созданию устойчивых к болезни генотипов льна в течение 2-3 лет (Патент № 2478282 РФ) [7].

Для анализа и поиска источников устойчивости линий, полученных в культуре *in vitro*, наиболее удобным и надежным инструментом являются микросателлитные маркеры [8]. Эти маркеры обладают высокой воспроизводимостью, кодоминантным наследованием и широко применяются для паспортизации сортов и линий, оценки генетического разнообразия, а также детекции сомаклональных изменений у многих культурных растений, в том числе льна [9-12]. Ранее наш коллектив уже успешно использовал SSR-маркеры для анализа генетического разнообразия коллекции сортов льна, показав их высокую информативность [13].

Цель исследований − оценить генетическое разнообразие линий льна-долгунца, созданных с использованием клеточной селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу, и идентифицировать SSR-маркеры, которые могут быть использованы для маркер-ассоциированной селекции на устойчивость к этой болезни.

Задачи исследований:

- создать линии льна, устойчивые к антракнозу, используя биотехнологические приемы и методы;
- провести молекулярно-генетический анализ, определить показатели полиморфизма использованных SSR-локусов;
- построить филогенетическое дерево и сопоставить полученные генетические кластеры с данными о происхождении линий для выявления генетических связей;
- выделить локусы-кандидаты и обсудить их возможную роль как маркеров устойчивости к антракнозу.

Материал и методы исследований. В работе были изучены 10 линий льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.), полученные в лаборатории селекционных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» методами эмбриокультуры *in vitro* и клеточной селекции на устойчивость к антракнозу *Colletotrichum lini* Manns et Bolley.

Схема получения регенерантов. Получение растений-регенерантов проводили по следующей схеме. Из коллекции ФНЦ ЛК отбирали исходные формы, сочетающие высокую продуктивность (урожайность семян 8-10 ц/га, волокна – 20-25 ц/га) с восприимчивостью к антракнозу. Параллельно подбирали штаммы гриба *C. lini* из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна», различающиеся по вирулентности,

спороношению и скорости роста конидий. Мицелий гриба культивировали на жидкой среде MS в течение 40 суток, после чего его отфильтровывали через бумажный фильтр и использовали в качестве селективного агента. Незрелые зародыши, а также первичный и пересадочный морфогенный каллус льна культивировали на селективной среде, состоящей из питательной среды MS (Murashige and Skoog, 1962) и культурального фильтрата в концентрации 36-40 мл/л. После нескольких пассажей отбирали устойчивые к культуральному фильтрату *in vitro* клетки, из которых получали растения-регенеранты. Все полученные регенеранты оценивали на искусственном инфекционно-провокационном фоне и в условиях *in vitro* по устойчивости к антракнозу согласно методическим рекомендациям (Пролетова Н. В., Виноградова Е. Г., 2015). Развитие антракноза учитывали по 5-балльной шкале (Понажев и др., 2014). Процент устойчивости рассчитывали, как долю растений с баллом 0-1 от общего числа учтенных растений. В результате трехлетних испытаний отбирались линии, которые стабильно сохраняли устойчивость в третьем поколении.

Выделение ДНК и постановка ПЦР. ДНК выделяли из молодых листьев растений в фазе 5-6 настоящих листьев с использованием CTAB-метода (Doyle J.J., Doyle J.L., 1990) с незначительными модификациями. Качество экстрагированной ДНК оценивали с помощью спектрофотометрии на приборе NanoPhotometer NP80, определяя степень чистоты и концентрацию нуклеиновых кислот. SSR-анализ проводили с помощью 22 микросателлитных маркеров, применявшихся в наших предыдущих исследованиях [13]. ПЦР-реакцию проводили в объеме 25 мкл. В смесь входили 20 нг исследуемой ДНК, 2,5 мкМ $MgCl_2$, 200 мкМ dNTP, 1 ед. Taq-полимеразы, концентрацию праймеров подбирали экспериментально. Анализ осуществляли на амплификаторе T100 MyCycler (Bio-Rad, США) по следующей схеме: 94 °C – 5 мин; затем 35 циклов (94 °C – 30 с, 55 °C – 45 с, 72 °C – 40 с); финальная элонгация 72 °C – 5 мин. Разделение продуктов ПЦР осуществляли методом капиллярного электрофореза с использованием анализатора «НАНОФОР 05» (производство ООО «НПФ Синтол», Россия). В качестве стандарта длины фрагментов применяли маркер СД-450. Обработку электрофореграмм и определение размеров аллелей выполняли в программном обеспечении «ДНК-ФА».

Статистическая обработка данных. Для каждого SSR-локуса рассчитывали показатель полиморфизма (PIC) по формуле:

$$PIC = 1 - \sum_{i=1}^{n} p_i^2 - \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} 2\, p_i^2 p_j^2,$$

где p_i и p_j – частоты *i*-го и *j*-го аллелей, *n* – число аллелей.

Для расчета PIC на основе аллельных частот для всей выборки использовали использовали надстройку для электронной таблицы MS Excel − GenAlEx 6.41. Генетические дистанции между образцами вычисляли по методу Нея (Nei M., 1972) на основе аллельных данных по SSR-маркерам. Дендрограмму строили методом Neighbor-Joining (NJ) (Saitou N., Nei M., 1987) с использованием программного обеспечения DARwin v. 6 (Perrier X., Jacquemoud-Collet J.P., 2006). Многомерное шкалирование PCoA выполняли на матрице дистанций Нея с использованием пакета adegenet (Jombart T., 2008) для подтверждения кластерной структуры.

Выявление маркеров-кандидатов, потенциально связанных с селективным давлением. Поскольку все изученные линии прошли одинаковую процедуру клеточной селекции на фильтрате *C. lini*, мы предположили, что аллельные варианты, закрепившиеся у большинства или всех регенерантов, могут быть связаны с устойчивостью к токсинам патогена. Для каждого локуса определяли частоту встречаемости каждого аллеля среди 10 линий. Локусы, по которым все 10 линий имели одинаковый генотип (мономорфные локусы), рассматривали как первичные кандидаты на маркеры, связанные с селективным давлением. Для полиморфных локусов выделяли аллели, с наименьшим значением параметра PIC, как возможные маркеры отбора. Такой подход основан на предположении, что при прохождении через «бутылочное горлышко» *in vitro* и последующем отборе устойчивых клеток происходит фиксация определенных аллельных вариантов [13, 14].

Результаты исследований. Разработанная селективная система с использованием культуры незрелых зародышей позволила отобрать клетки льна-долгунца, устойчивые к культуральному фильтрату гриба – возбудителя антракноза и на их основе получить устойчивые растения-регенеранты из восприимчивых к патогену форм. Полученные растения-регенеранты были высажены в грунт и оценены на устойчивость к антракнозу в течение трех вегетационных сезонов на искусственном инфекционно-провокационном фоне. В первый год устойчивость варьировала от 26 до 75 %, во второй и третий – наблюдалась стабилизация показателей. Для дальнейшего молекулярно-генетического анализа отобраны 10 линий ($R_{16хРос}$, $R_{Л403}$, $R_{НЛ610}$, $R_{НЛ511}$, $R_{Э38}$, $R_{Э36}$, $R_{38хЛен}$, $R_{0\text{-}12\text{-}601}$, $R_{0\text{-}12\text{-}632}$, $R_{НО\text{-}65}$), которые на третий год испытаний показали стабильную устойчивость к антракнозу *in vivo* на уровне 50-62 %. Эти линии различаются по происхождению (таблица 1) и представляют собой регенеранты от разных исходных сортов и гибридных комбинаций. Отобранные линии были использованы для SSR-анализа с целью выявления генетических маркеров, закрепившихся в процессе клеточной селекции.

Генотипы исходных родительских форм в данной работе не анализировались, поскольку задача состояла в анализе непосредственно полученных регенерантов и выявлении маркеров, закрепившихся в результате клеточной селекции.

Таблица 1

Происхождение растений-регенерантов

№	Линия	Происхождение
1	$R_{НО-65}$	регенерант сорта Славный 82
2	$R_{16×Рос}$	регенерант от гибрида Эр130.3×Росинка
3	$R_{Л403}$	регенерант линии Павловой Л.Н. Л 201 1-40-3
4	$R_{НЛ610}$	регенерант линии Павловой Л.Н. Л 2051-6-10
5	$R_{НЛ511}$	регенерант линии Павловой Л.Н. Л 2051-5-11
6	$R_{э36}$	регенеранты линии Эр.130.3
7	$R_{э38}$	
8	$R_{38×Лен}$	регенерант от гибрида Эр.130.3×Ленок
9	$R_{0-12-601}$	регенерант линии 0-12-901-6-1-0
10	$R_{0-12-632}$	регенерант линии 0-12-901-6-3-2

Полиморфизм SSR-маркеров. На основе анализа 22 SSR-локусов у 10 линий-регенерантов было выявлено 47 аллельных вариантов. Из 22 локусов полиморфными оказались 16, мономорфными – 6. Среднее число аллелей на локус составило 2,2 (от 1 до 5). Наиболее полиморфным был локус Lin6, у которого обнаружено 4 аллеля (154, 162, 183, 191 п.н.), за ним следуют Flu7 (3 аллеля) и Lu15, Flu8, Lu23 (по 2 аллеля). Шесть локусов (Lin1, Lin2, Lin3, Lin4, Lu17, Lu21) оказались мономорфными − по ним все изученные линии имели одинаковые аллели.

Показатель полиморфизма PIC варьировал от 0 для мономорфных локусов до 0,64 для локуса Lin6. Средний PIC по всем локусам составил 0,24. Наиболее информативными маркерами, пригодными для дифференциации линий в данной выборке, являются Lin6 (PIC=0,64), Flu7 (PIC=0,47) и Lu15 (PIC=0,38). Остальные полиморфные локусы имели PIC от 0,15 до 0,32. Полная характеристика локусов приведена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика SSR-локусов у исследованных образцов

Локус	Число аллелей	PIC	Локус	Число аллелей	PIC
Lin1	1	0,00	Lu17	1	0,00
Lin2	1	0,00	Lu3	2	0,32
Lin3	1	0,00	Lu28	2	0,30
Lin4	1	0,00	Lu8	2	0,15
Lin5	2	0,30	Flu7	3	0,47
Lin6	5	0,64	Flu8	2	0,32
Lin7	2	0,15	Lu13	2	0,15
Lin8	2	0,15	Flu25	2	0,32
Lin9	2	0,30	Lu21	1	0,00
Lin10	2	0,15	Lu23	2	0,30
Lin11	2	0,32	Lu15	2	0,38

Генетические паспорта линий. Для каждой из 10 линий составлен индивидуальный генетический паспорт, содержащий размеры аллелей по всем 22 локусам. В таблице 3 представлены паспорта в формате «локус: аллель1/аллель2». Паспорта позволяют однозначно идентифицировать каждую линию. Наибольшее число различий между линиями наблюдается по локусам Lin6, Lin5, Lu3, Lu13, Flu25. Напротив, по мономорфным локусам различий нет, что делает их непригодными для дифференциации, но перспективными для поиска маркеров отбора.

Таблица 3

Генетические паспорта 10 исследованных линий-регенерантов (размеры аллелей в п.н.)

Локус	$R_{НО-65}$	$R_{16×Рос}$	$R_{Л403}$	$R_{НЛ610}$	$R_{НЛ511}$	$R_{Э36}$	$R_{38×Лен}$	$R_{0-12-601}$	$R_{Э38}$	$R_{0-12-632}$
Lin1	***325/325***	***325/325***	***325/325***	***325/325***	***325/325***	***325/325***	***325/325***	***325/325***	***325/325***	***325/325***
Lin2	***425/425***	***425/425***	***425/425***	***425/425***	***425/425***	***425/425***	***425/425***	***425/425***	***425/425***	***425/425***
Lin3	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***
Lin4	***306/306***	***306/306***	***306/306***	***306/306***	***306/306***	***306/306***	***306/306***	***306/306***	***306/306***	***306/306***
Lin5	419/419	419/419	419/419	419/419	419/419	419/419	407/407	419/419	419/419	406/406
Lin6	162/191	162/183	162/191	162/191	162/183	183/191	191/191	154/162	154/162	191/191
Lin7	388/388	388/388	388/388	388/388	388/388	382/382	382/382	388/388	388/388	388/388
Lin8	139/146	139/146	146/146	146/152	139/146	139/146	146/146	139/146	139/146	146/146
Lin9	289/289	292/292	289/289	292/292	289/289	289/289	292/292	289/289	289/289	289/289
Lin10	265/265	265/265	265/265	265/265	265/265	265/265	246/246	265/265	265/265	265/265
Lin11	180/180	180/180	180/180	174/174	180/180	180/180	174/174	180/180	180/180	165/165
Lu17	***287/287***	***287/287***	***287/287***	***287/287***	***287/287***	***287/287***	***287/287***	***287/287***	***287/287***	***287/287***
Lu3	155/155	155/155	155/155	148/157	155/155	146/155	157/157	146/155	146/155	155/155
Lu28	168/178	168/178	178/178	168/178	168/178	168/178	178/178	168/178	168/178	178/178
Lu8	211/211	215/215	211/211	213/213	211/211	211/211	209/209	211/211	211/211	211/211
Flu7	143/143	143/143	143/143	137/137	143/143	143/143	137/137	143/143	141/141	128/128
Flu8	197/197	197/197	197/197	200/200	197/197	202/202	202/202	202/202	202/202	202/202
Lu13	377/377	377/377	377/377	377/377	377/377	377/377	379/379	375/375	377/377	373/373
Flu25	207/207	217/217	207/207	210/210	207/207	213/213	213/213	213/213	213/213	213/213
Lu21	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***214/214***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***	***216/216***
Lu23	252/252	246/246	252/252	244/244	252/252	246/246	246/246	246/246	244/244	246/246
Lu15	206/209	206/209	206/209	197/209	206/209	197/209	206/209	206/209	206/209	197/209

Примечание: мономорфные локусы выделены курсивом. Паспорта позволяют дифференцировать все 10 линий, так как каждая линия имеет уникальную комбинацию аллелей хотя бы по одному локусу.

Кластерный анализ и PCoA. На основе генетических дистанций Нея методом Neighbor-Joining (NJ) построена дендрограмма, представленная на рисунке 1. Все 10 исследованных линий разделились на три основных кластера, состав которых хорошо согласуется с происхождением.

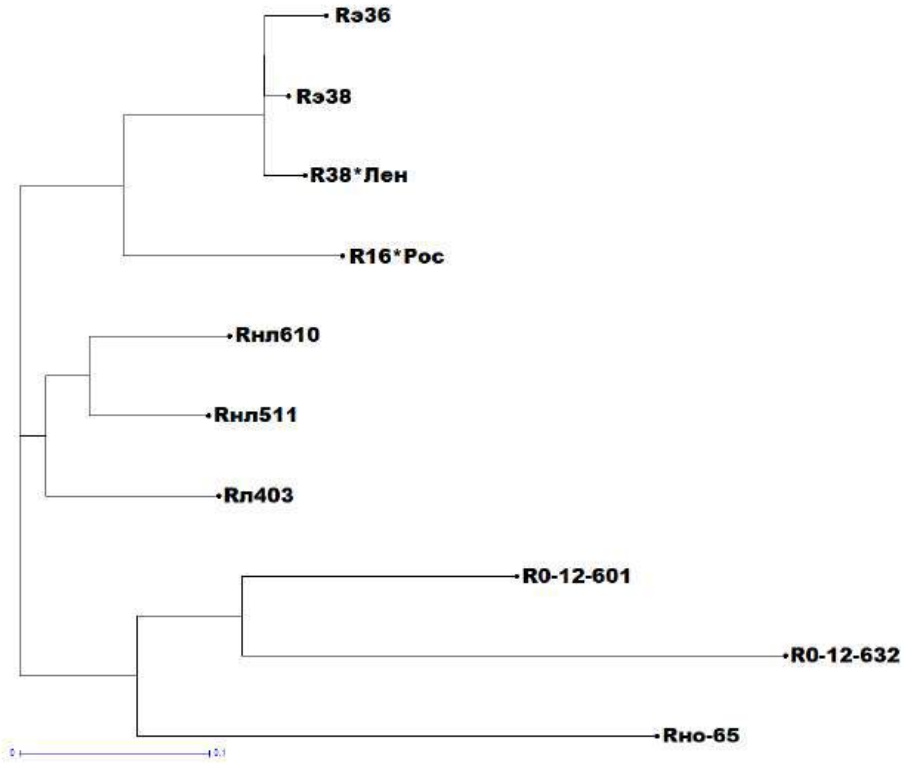


Рис. 1. Дендрограмма филогенетических отношений 10 линий льна, построенная методом NJ на основе генетических дистанций Нея

Группа 1 объединяет четыре линии: $R_{э38}$, $R_{э36}$, $R_{16\times Рос}$ и $R_{38\times Лен}$. Внутри этой группы линии $R_{э38}$, $R_{э36}$ и $R_{38\times Лен}$ формируют плотный кластер, что указывает на их высокую генетическую близость. Линия $R_{16\times Рос}$ примыкает к этому кластеру, но располагается несколько обособленно. Такая структура полностью соответствует происхождению: $R_{э38}$ и $R_{э36}$ являются прямыми регенерантами линии Эр.130.3, $R_{38\times Лен}$ – регенерант гибрида Эр.130.3 × Ленок, а $R_{16\times Рос}$ – регенерант гибрида Эр130.3 × Росинка, что и объясняет его некоторую обособленность.

Группа 2 включает три линии: $R_{НЛ610}$, $R_{НЛ511}$ и $R_{Л403}$. Все три линии происходят от селекционных линий Павловой Л.Н., что объясняет их совместную кластеризацию. Внутри группы $R_{НЛ610}$ и $R_{НЛ511}$ образуют более тесную подгруппу, тогда как $R_{Л403}$ располагается несколько обособленно, что может отражать различия в исходных родительских линиях.

Группа 3 представлена тремя линиями: $R_{0\text{-}12\text{-}632}$, $R_{0\text{-}12\text{-}601}$ и $R_{НО\text{-}65}$. Линии $R_{0\text{-}12\text{-}632}$ и $R_{0\text{-}12\text{-}601}$ являются регенерантами одной исходной линии 0-12-901 с разными вариантами отбора, что объясняет их близкое расположение. К ним примыкает регенерант сорта Славный 82 - $R_{НО\text{-}65}$. Несмотря на разное происхождение, наличие общих аллелей по ряду локусов объединило эти линии в один кластер. Таким образом, дендрограмма в целом отражает родственные связи линий. Регенеранты от одного исходного материала, как правило, группируются вместе, что подтверждает как надежность протокола регенерации, так и информативность использованных SSR-маркеров для дифференциации близкородственных генотипов. Метод главных координат PCoA на основе матрицы дистанций Нея полностью подтвердил кластерную структуру (рис. 2).

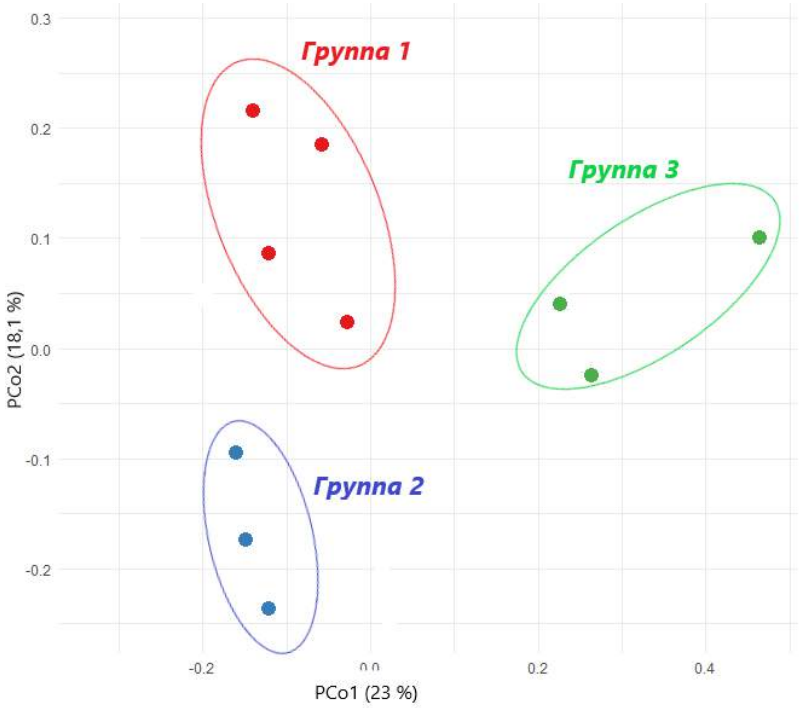


Рис. 2. График главных координат PCoA 10 исследованных линий льна, построенный на основе генетических дистанций Нея

Первые две главные координаты объясняют 41,1% общей изменчивости (PCo1 = 23,0%, PCo2 = 18,1%). На графике группы 1 и 2 занимают разные области левой части, а группа 3 располагается изолированно в правой части, что согласуется с дендрограммой. PCoA также подтверждает, что группировка линий определяется их происхождением.

Маркеры-кандидаты, потенциально связанные с селективным давлением. Поскольку все линии прошли клеточную селекцию на фильтрате *C. lini*, мы проанализировали, какие аллельные варианты закрепились у большинства регенерантов. Из 22 локусов шесть оказались мономорфными для всех 10 линий: Lin1, Lin2, Lin3, Lin4, Lu17, Lu21 (таблица 3).

Однако, как показано в нашей предыдущей работе [13], локусы Lin1, Lin2, Lin3 характеризуются низким уровнем полиморфизма на разных выборках льна и часто встречаются в мономорфном состоянии. Поэтому их фиксация у регенерантов обусловлена не селективным давлением, а объективно низкой информативностью этих маркеров. Таким образом, мы исключаем эти три локуса из числа кандидатов на маркеры, ассоциированные с устойчивостью к антракнозу.

В качестве реальных кандидатов, мономорфизм которых может быть связан с селективным давлением, остаются три локуса: Lin4, Lu17, Lu21. Эти локусы не были мономорфны в наших предыдущих исследованиях на других выборках, что позволяет предположить их возможную связь с отбором в условиях клеточной селекции. Также в перечень локусов-кандидатов можно включить маркеры с наименьшими значениями параметра PIC: Lin7, Lin8, Lin10, Lu8 и Lu13.

Таким образом, в результате анализа выделены восемь локусов, которые могут рассматриваться как предварительные кандидаты на маркеры, связанные с устойчивостью к антракнозу.

Обсуждение. Проведенное исследование показало, что SSR-маркеры являются эффективным инструментом не только для филогенетического изучения линий льна, но и для скрининга ценных локусов для маркер-ассоциированной селекции. Полученные нами 10 линий-регенерантов прошли многоступенчатый отбор *in vitro* и последующую трехлетнюю полевую оценку, что позволило отобрать стабильно устойчивые генотипы. Среднее число аллелей на локус (2,2) и средний PIC (0,24) в изученной выборке значительно ниже, чем обычно наблюдается при анализе различных коллекций льна [9, 13]. Однако для близкородственного материала, каковым являются регенеранты, происходящие от ограниченного числа родительских форм, такой уровень полиморфизма является ожидаемым [13]. В данном случае дополнительным фактором снижения генетического разнообразия послужила клеточная селекция на фильтрате *C. lini*, которая создала интенсивное давление отбора, в результате которого выжили только те клетки, которые были устойчивы к токсинам гриба [7]. Последующая регенерация растений из этих немногих выживших клеток привела к «эффекту бутылочного горлышка» [13], что и объясняет фиксацию определенных аллелей и общее снижение полиморфизма.

Кластерный анализ разделил линии на три группы, состав которых хорошо согласуется с их происхождением. Разделение линий по происхождению подтверждает, что SSR-маркеры, даже при умеренном полиморфизме, позволяют дифференцировать близкие генотипы и отслеживать их родословную, что важно для селекционных программ.

Одной из ключевых задач работы был поиск локусов, которые могли быть закреплены в результате клеточной селекции и, следовательно, потенциально связаны с устойчивостью к *C. lini.* Восемь выделенных нами локусов заслуживают внимания как потенциальные маркеры, связанные с устойчивостью к антракнозу. Необходимы дальнейшие испытания этих маркеров на расширенной выборке регенерантов с известной реакцией на патоген, а также анализ их сцепления с QTL устойчивости.

Заключение. Мы провели SSR-анализ десяти линий льна, которые были получены методом клеточной селекции *in vitro* на устойчивость к антракнозу с использованием культуры незрелых зародышей. Для каждой линии составлен генетический паспорт, который позволяет ее однозначно идентифицировать и отличать от других. Уровень генетического разнообразия в изученной выборке оказался низким, однако для близкородственных регенерантов, прошедших жесткий отбор в пробирке, такое снижение вполне закономерно. Дендрограмма и график главных координат разделили линии на три группы, и их состав хорошо совпадает с происхождением, что подтверждает как надежность протокола регенерации, так и пригодность использованных маркеров для различия даже очень близких генотипов. Восемь локусов были отобраны как предварительные кандидаты на маркеры, связанные с устойчивостью к антракнозу. Их фиксация у всех регенерантов позволяет предположить, что эти локусы либо находятся под селективным давлением, либо сцеплены с генами устойчивости.

В целом, наша работа показывает, что SSR-анализ – это удобный и надежный способ сопровождать селекционный процесс. Она позволяет быстро оценить генетический статус новых линий, отбраковать нестабильные и вовремя заметить те, что могут нести полезные признаки, в том числе устойчивость к болезням.

Список источников

1. Moyse J., Lecomte S., Marcou S., Mongelard G., Gutierrez L., Höfte M. Overview and management of the most common eukaryotic diseases of flax (*Linum usitatissimum*) // Plants. 2023. Vol. 12. No. 15. P. 2811. DOI: 10.3390/plants12152811 EDN: ZTCBOA

2. Пролетова Н. В., Зотова В. С. Биохимический состав культурального фильтрата штаммов гриба *Colletotrichum lini* и его изменение в процессе роста и развития патогена // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2024. Т. 4. № 1(11). С. 42-49. DOI: 10.54016/SVITOK.2024.12.87.006 EDN: QSKWYM

3. Кудрявцева Л. П. Устойчивость сортов – важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11(214). С. 36-44. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-36-44 EDN: LTRUCL

4. Усманова К. А. Биотехнологические методы повышения устойчивости сельскохозяйственных культур к абиотическим и биотическим стрессам в условиях изменения климата // Экономика и социум. 2026. № 4(143)-1. С. 920-922. EDN: EVYACE

5. Sakr N. *In vitro* methodology to assess quantitative resistance in plant-fungus pathosystems // The Open Agriculture Journal. 2022. Vol. 17. No. 1. P. e187433152210120. DOI: 10.2174/18743315-v16-e221020-2022-HT14-3623-4 EDN: WGMMBZ

6. Кузьмина Н. А., Игнатьева Е. А. Регенерация растений льна *in vitro* в целях селекции // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 512-521.

7. Пролетова Н. В. Селективная система *in vitro* "гриб *Colletotrichum lini* - лён" как эффективный способ создания генотипов льна, устойчивых к антракнозу // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. – Т. 2. № 46. С. 15-20. DOI: 10.35694/YARCX.2019.46.2.004 EDN: BUOHKF

8. Noormohammadi Z., Habibollahi H., Farahani F., Sheidai M. Molecular analysis of somaclonal variation in *Linum usitatissimum* and *L. album* // Plant Gene. 2020. Vol. 24. P. 100261. DOI: 10.1016/j.plgene.2020.100261 EDN: BGJBGZ

9. Cloutier S., You F. M., Soto-Cerda B. J. Linum genetic markers, maps, and QTL discovery // Genetics and Genomics of Linum. Cham: Springer International Publishing. 2019. Pp. 97-117. DOI: 10.1007/978-3-030-23964-0_7

10. Nag S., Mandal R., Mitra J. Exploration of genetic structure and association mapping for fibre quality traits in global flax (*Linum usitatissimum* L.) collections utilizing SSRs markers // Plant Gene. 2020. Vol. 24. P. 100256. DOI: 10.1016/j.plgene.2020.100256 EDN: GIRWKP

11. Pan G., Chen A., Li J., Huang S., Tang H., Chang L., Zhao L., Li D. Genome-wide development of simple sequence repeats database for flax (*Linum usitatissimum* L.) and its use for genetic diversity assessment // Genetic Resources and Crop Evolution. 2020. Vol. 67. No. 4. P. 865-874. DOI: 10.1007/s10722-020-00882-y EDN: FZGVCV

12. Kaçar, Y. A. Somaclonal variation in *in vitro* culture // In vitro culture of woody crops: problem solving by new approaches: book of proceedings. 2024. P. 156. ISBN: 978-9934-38-084-6

13. Базанов Т.А., Ущаповский И.В., Рожмина Т.А., Логинова Н.Н., Минина Е.В., Вересова П.Д. Молекулярная оценка генетической однородности линий льна методом SSR-анализа // Аграрная наука. 2025. Т. 401. №. 12. С. 155-163. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-401-12-155-163 EDN: OZVUSC

14. Velloso L. M., Siqueira W. J., Faleiro F. G. Genetic diversity and bottleneck effect in in vitro regenerated plants // Genetics and Molecular Research. 2015. Vol. 14. No. 1. P. 2356-2367. DOI: 10.1155/2015/431487

15. Ferreira M. d. S., Rocha A. d. J., Nascimento F. d. S., Oliveira W. D. d. S., Soares J. M. d. S., Rebouças T. A., Morais Lino L. S., Haddad F., Ferreira C. F., Santos-Serejo J. A. d., Fernández J. S., Amorim E. P. The role of somaclonal variation in plant genetic improvement: A systematic review // Agronomy. 2023. Vol. 13. No. 3. P. 730. DOI: 10.3390/agronomy13030730 EDN: BZRRAP

References

1. Moyse, J., Lecomte, S., Marcou, S., Mongelard, G., Gutierrez, L. & Höfte, M. (2023). Overview and management of the most common eukaryotic diseases of flax (*Linum usitatissimum*). *Plants*. 12. 15. 2811. DOI: 10.3390/plants12152811 EDN: ZTCBOA

2. Proletova, N. V. & Zotova, V. S. (2024). Biochemical composition of culture filtrate of *Colletotrichum lini* fungus strains and its changes during the process of growth and development of the pathogen. *Technical Crops. Scientific Agricultural Journal*. 4. 1(11). 42-49. DOI: 10.54016/SVITOK.2024.12.87.006 EDN: QSKWYM (in Russian).

3. Kudryavtseva, L. P. (2021). The stability of varieties is an important element of the integrated protection of flax from. *Agrarian bulletin of the Urals*. 2021. 11(214). 36-44. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-36-44 EDN: LTRUCL (in Russian).

4. Usmanova, K. A. (2026). Biotechnological methods for increasing the resistance of agricultural crops to abiotic and biotic stresses in the context of climate change. *Economy and Society*. 2026. 4(143)-1. 920-922. EDN: EVYACE (in Russian).

5. Sakr, N. (2022). *In vitro* methodology to assess quantitative resistance in plant-fungus pathosystems. *The Open Agriculture Journal.* 17. 1. e187433152210120. DOI: 10.2174/18743315-v16-e221020-2022-HT14-3623-4 EDN: WGMMBZ

6. Kuz'mina, N. A. & Ignat'eva, E. A. (2018). *In vitro* regeneration of flax plants for breeding purposes. *Agricultural biology*. 53. 3. 512–521. (in Russian).

7. Proletova, N. V. (2019). Selective System Invitro «Fungal *Colletotrichum lini* – Flax» as an Effective Way to Create Genotypes of Flax Resistant to Anthracnose. *Vestnik APK Verhnevolzh`ia (Herald of Agroindustrial complex of Upper Volga region)*. 2. 46. 15-20. (in Russian). DOI: 10.35694/YARCX.2019.46.2.004 EDN: BUOHKF

8. Noormohammadi, Z., Habibollahi, H., Farahani, F. & Sheidai, M. (2020). Molecular analysis of somaclonal variation in *Linum usitatissimum* and *L. album. Plant Gene*. 24. 100261. DOI: 10.1016/j.plgene.2020.100261 EDN: BGJBGZ

9. Cloutier, S., You, F. M. & Soto-Cerda, B. J. (2019). Linum genetic markers, maps, and QTL discovery. *Genetics and Genomics of Linum.* Cham: Springer International Publishing. 97-117. DOI: 10.1007/978-3-030-23964-0_7

10. Nag, S., Mandal, R. & Mitra, J. (2020). Exploration of genetic structure and association mapping for fibre quality traits in global flax (*Linum usitatissimum* L.) collections utilizing SSRs markers. *Plant Gene.* 24. 100256. DOI: 10.1016/j.plgene.2020.100256 EDN: GIRWKP

11. Pan, G., Chen, A., Li, J., Huang, S., Tang, H., Chang, L., Zhao, L. & Li, D. (2020). Genome-wide development of simple sequence repeats database for flax (*Linum usitatissimum* L.) and its use for genetic diversity assessment. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 67. 4. 865-874. DOI: 10.1007/s10722-020-00882-y EDN: FZGVCV

12. Kaçar, Y. A. (2024). Somaclonal variation in *in vitro* culture. *In vitro culture of woody crops: problem solving by new approaches*: book of proceedings. 156. ISBN: 978-9934-38-084-6

13. Bazanov, T. A., Ushchapovsky, I. V., Rozhmina, T. A., Loginova, N. N., Minina, E. V. & Veresova, P. D. (2025). Molecular assessment of genetic homogeneity of flax lines using SSR-analysis. *Agrarian science*. 401. 12. 155-163. (in Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2025-401-12-155-163 EDN: OZVUSC

14. Velloso, L. M., Siqueira, W. J. & Faleiro, F. G. (2015). Genetic diversity and bottleneck effect in *in vitro* regenerated plants. *Genetics and Molecular Research*. 14. 1. 2356-2367. DOI: 10.1155/2015/431487

15. Ferreira, M. d. S., Rocha, A. d. J., Nascimento, F. d. S., Oliveira, W. D. d. S., Soares, J. M. d. S., Rebouças, T. A., Morais Lino, L. S., Haddad, F., Ferreira, C. F., Santos-Serejo, J. A. d., Fernández, J. S. & Amorim, E. P. (2023). The role of somaclonal variation in plant genetic improvement: A systematic review. *Agronomy*. 13. 3. 730. DOI: 10.3390/agronomy13030730 EDN: BZRRAP

Информация об авторах:

Тарас Александрович Базанов✉, кандидат химических наук, заведующий лабораторией молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции, ведущий научный сотрудник;
ID: http://orcid.org/0000-0001-9544-5528; e-mail: t.bazanov@fnclk.ru

Наталья Викторовна Пролетова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционых технологий ОП НИИЛ;
ID: http://orcid.org/0000-0002-4137-9622; e-mail: n.proletova.trk@fnclk.ru

Наталья Николаевна Логинова✉, научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции;
ID: http://orcid.org/0000-0003-4633-392X; e-mail: n.loginova@fnclk.ru

Екатерина Витальевна Минина, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6559-9577; e-mail: ev.smirnova@fnclk.ru

Полина Дмитриевна Вересова, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и клеточной селекции;
ID: http://orcid.org/0000-0001-7797-2578; e-mail: p.mikhaylova@fnclk.ru

Information about the authors:

Taras A. Bazanov✉, Candidate of Chemical Science, head of the laboratory of the molecular-genetic researches and cell selection, Leading researcher;
ID: https://orcid.org/0000-0001-9544-5528; e-mail: t.bazanov@fnclk.ru

Natalia V. Proletova, Candidate of Biological Science, Leading researcher at the laboratory of selection technologies of the scientific research institute of plant breeding;
ID: https://orcid.org/0000-0002-4137-9622; e-mail: n.proletova.trk@fnclk.ru

Natalya N. Loginova, Researcher of the laboratory of the molecular-genetic researches and cell selection;
ID: https://orcid.org/0000-0003-4633-392X; e-mail: n.loginova@fnclk.ru

Ekaterina V. Minina, Postgraduate, Junior researcher of the laboratory of the molecular-genetic researches and cell selection;
ID: https://orcid.org/0000-0001-6559-9577; e-mail: ev.smirnova@fnclk.ru

Polina D. Veresova, Junior researcher of the laboratory of the molecular-genetic researches and cell selection;
ID: https://orcid.org/0000-0001-7797-2578; e-mail: p.mikhaylova@fnclk.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 13.06.2026; одобрена после рецензирования 19.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 13.06.2026; approved after reviewing 19.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 633.16:664.233
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-52-58

ОЦЕНКА КЛЮЧЕВЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЯЧМЕНЯ С ИЗУЧЕНИЕМ ВЫХОДА КРАХМАЛА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ю. Ю. Никонорова[1]✉, Л. А. Косых[1], Н. Н. Ермилина[1], И. В. Коновалов[1]
[1] Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.

Резюме. *Статья посвящена актуальной проблеме селекции ярового ячменя, направленной на создание высокопродуктивных сортов с улучшенными биохимическими показателями для развивающейся перерабатывающей промышленности России. Зерна ячменя в основном состоят из крахмала, на долю которого может приходиться до 65% сухого вещества. Крахмал из ячменя обладает рядом структурных и функциональных свойств, которые делают его полезным материалом. В данных исследованиях представлен сравнительный анализ литературных данных химического состава, структуры гранул, технологических характеристик крахмала ячменя и других культур и сравнительный анализ содержания крахмала в сортах и перспективных линий ярового ячменя региональной селекции. Целью исследований являлась селекционная оценка сортов и перспективных линий ярового ячменя на предмет содержания сырого протеина и крахмала с последующим выделением перспективных форм, сочетающих высокое качество с урожайностью. Исследования проводились в течение двух лет (2024-2025 гг.) в Поволжском НИИСС им. П.Н. Константинова – филиал СамНЦ РАН. Содержание крахмала определяли поляриметрическим методом растворения крахмала. Из 44 изучаемых сортов и перспективных линий было выбрано два сорта и три линии, которые превышали содержание крахмала в зерне ячменя по сравнению со стандартным сортом для региона. Лидером по выходу крахмала была призвана линия Hord 2445/17 показавшая хорошие значения: содержания крахмала 58,8%, урожайность – 3,07 т/га, сбор сырого протеина 4,7 ц/га и выход крахмала – 1,9 т/га. Также выделилась линия Hord 2384/01 (урожайность – 3,22 т/га, сбор сырого протеина – 4,6 ц/га и выход крахмала – 1,8 т/га) и сорт Поволжский 49 (урожайность – 3,14 т/га, сбор сырого протеина – 4,9 ц/га и выход крахмала – 1,8 т/га). В заключении отмечено, что потенциал выхода крахмала у выделенных сортов и перспективных линий высокий для создания конкурентных сортов ярового ячменя, адаптивных к условиям Среднего Поволжья, но необходимо проводить дальнейшие комплексные исследования.*

Ключевые слова: яровой ячмень, селекция, урожайность, крупность, крахмал, протеин

***Для цитирования*:** Никонорова Ю. Ю., Косых Л. А., Ермилина Н. Н., Коновалов И. В. Оценка ключевых биохимических показателей качества ячменя с изучением выхода крахмала в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 52-58. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-52-58

Original article

ASSESSMENT OF KEY BIOCHEMICAL INDICATORS OF BARLEY QUALITY WITH STUDY OF STARCH YIELD UNDER CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Yu. Yu. Nikonorova[1]✉, L. A. Kosykh[1], N. N. Ermilina[1], I. V. Konovalov[1]
[1] Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, P. N. Konstantinov Volga Region Research Institute of Breeding and Seed Production, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia.

Abstract. The article is devoted to the urgent problem of breeding spring barley, aimed at creating highly productive varieties with improved biochemical indicators for the developing processing industry in Russia. Barley grains mainly consist of starch, which can account for up to 65% of the dry matter. Starch from barley has a number of structural and functional properties that make it a useful material. These studies present a comparative analysis of literature data on the chemical composition, granule structure, and technological characteristics of barley starch and other crops, as well as a comparative analysis of starch content in varieties and promising lines of spring barley of regional breeding. The aim of the research was to selectively evaluate varieties and promising lines of spring barley for the content of crude protein and starch, followed by the identification of promising forms that combine high quality with yield. The research was conducted over a two-year period (2024-2025) at the P.N. Konstantinov Volga Research Institute of Social Sciences, a branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Starch content was determined by polarimetric starch dissolution method. Of the 44 studied varieties and promising lines, two varieties and three lines were selected that exceeded the starch content in barley grain compared to the standard variety for the region. The Hord 2445/17 line was called the leader in starch yield, which showed good values: starch content of 58.8%, yield of 3.07 c/ha, crude protein harvest of 4.7 c/ha and starch yield of 1.9 t/ha. The Hord 2384/01 line also stood out (yield – 3.22 t/ha, crude protein harvest – 4,6 t/ha and starch yield – 1.8 t/ha) and the

© Никонорова Ю. Ю., Косых Л. А., Ермилина Н. Н., Коновалов И. В., 2026

Volga 49 variety (yield – 3.14 t/ha, crude protein harvest – 4.9 t/ha and starch yield – 1.8 t/ha). In conclusion, it is noted that the starch yield potential of the selected varieties and promising lines is high to create competitive varieties of spring barley, adaptive to the conditions of the Middle Volga region, but further comprehensive research is needed.

Keywords: spring barley, breeding, yield, grain size, starch, protein

For citation: Nikonorova, Yu. Yu., Kosykh, L. A., Ermilina, N. N. & Konovalov, I. V. (2026). Evaluation of key biochemical parameters of barley quality with the study of starch yield in the conditions of the Middle Volga region. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4. 52-58. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-52-58 (in Russian).

Введение. Ценность крахмала ячменя многогранна. Она складывается из количественного показателя, качества (соотношение фракций), технологических свойств (размер зёрен) и питательной значимости в разных сферах – от производства продуктов питания до кормления животных [1].

Крахмал – природный полисахарид, получаемый из семян и плодов различных растений и используемый в производстве широкого спектра продуктов питания и непродовольственных товаров. В зависимости от степени переработки растительного сырья в настоящее время выделяются два основных типа крахмала: нативный (натуральный) и модифицированный (промышленный). Нативный крахмал извлекается из таких культур, как кукуруза, картофель, пшеница, маниок, ячмень и рис, где он накапливается в процессе фотосинтеза. Модифицированный крахмал представляет собой продукт более глубокой переработки нативного крахмала, полученный в результате физического, химического или ферментативного воздействия [1].

Сегодня крахмал различных типов активно применяется в пищевой промышленности как загуститель, стабилизатор и ингредиент, придающий конечному продукту требуемую текстуру. В фармацевтике данный продукт служит в качестве связующего вещества в таблетках и капсулах, обеспечивая их безопасность и эффективность. В целлюлозно-бумажной промышленности он используется при производстве бумаги и картона, в текстильной промышленности – в приготовлении клеящего состава для обработки тканей. Крахмал также необходим в нефтегазовой промышленности в качестве одного из компонентов бурового раствора [2].

И для человека, и для животных крахмал – это источник быстрых углеводов, то есть энергии. В животноводстве ячменный крахмал включают в рационы: он хорошо усваивается некоторыми видами животных (например, овцами) и служит концентрированным источником энергии.

Содержание крахмала – важный критерий оценки качества ячменя. Доля крахмала $(C_6H_{10}O_5)_n$ в ячмене составляет 50-63-65%.

При высоком содержании белка в самом зерне часто преобладают более мелкие крахмальные зёрна, которые хуже поддаются обработке. Также на накопление крахмала влияют условия выращивания (климат, почва, агротехнические приёмы) [3, 11, 12].

Изучение крахмала ярового ячменя также важно для селекции новых сортов с повышенной урожайностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям выращивания. Физико-химические характеристики крахмала напрямую связаны с генетическими особенностями растения и условиями агротехники. Современные методы анализа позволяют глубже исследовать состав крахмала и выявлять факторы, влияющие на его свойства.

Цель исследований. Провести селекционную оценку сортов и перспективных линий ярового ячменя по ключевым биохимическим показателям качества – содержание сырого протеина и крахмала, с последующим выделением перспективных форм, сочетающих высокие показатели качества с урожайностью, для создания конкурентоспособных сортов для Средневолжского региона.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук в 2024-2025 годы.

Полевые опыты закладывали на полях первого селекционного севооборота, предшественник – чистый пар. Агротехника возделывания ячменя ярового – общепринятая, включала вспашку поля с осени на зябь, весеннее боронование в два следа, две культивации, прикатывание кольчатыми катками. Посев проводили в оптимальные сроки (первая декада мая) селекционной сеялкой Клён-1,5 с нормой высева 4,5 млн. всхожих семян на гектар. Уборку проводили напрямую комбайном Sampo-130. Учетная площадью делянок конкурсного сортоиспытания – 25 м^2, повторность – четырехкратная.

Для оценки уровня влагообеспеченности вычисляли гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК), который составил в 2024 году – 0,41; в 2025 году – 0,87 (многолетнее значение показателя в регионе – 0,78).

Материалом для исследований служили три сорта ячменя ярового, включенные в Государственный реестр селекционных достижений по Средневолжскому (7) региону (Поволжский 65, Поволжский 49 и Пересвет - стандарт) и три перспективные линии (Hord 2445/17, Hord 2337/01, Hord 2384/01), которые выделились по содержанию крахмала. По спелости все районированные и перспективные сорта отнесены к среднеспелой группе. Исследования выполнялись по общепринятым методикам: Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [4], методика полевого опыта [5].

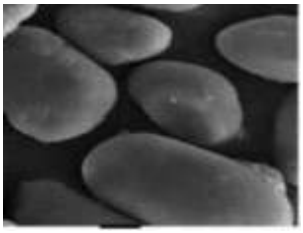
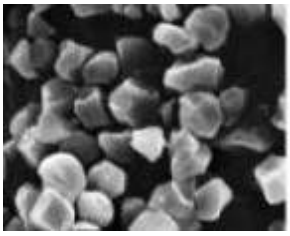
Содержание крахмала определяли поляриметрическим методом растворения крахмала по нормативному документу ГОСТ 10845-98 [6]. Содержание белка определяли методом минерализации органического вещества серной кислотой. Массу 1 тыс. зерен исследовали по методике ГОСТ 10842-89, натурную массу зерна – по ГОСТ 10840-64. Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью пакета компьютерных программ Excel.

Результаты исследований. В зерне крахмал накапливается в форме отдельных гранул. Круглые, линзообразные большие гранулы имеют диаметр 15...40 мкм, более или менее шарообразные мелкие гранулы зерна – 2 мкм, они окружают большую часть зерна. Следовательно, чем больше в зерне крупных крахмальных гранул, тем лучше его технологические свойства [2].

Структура крахмальных гранул ячменя отличаются от пшеничных и рисовых гранул разными размерами и формами, они более округлые все гранулы схожи, чем у рисового крахмала мелкие и неоднородные, представлено в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика показателей качества крахмала у разных видов сельскохозяйственных культур

Показатели	Разновидности крахмала		
	Ячменный	Пшеничный	Рисовый
Внешний вид Кратность увеличения 1500 раз			
Содержание крахмала, %	56-68	58-76	64-77
Структура	Гранулы разных размеров имеют модифицированную поверхность	Гранулы различного размера и формы	Гранулы более светлые и с меньшей фракционной неоднородностью
Амилоза/амилопектин, %	25/85	20/80	5/95
Водонасыщаемость	Высокая, склонность к набуханию и мутности	Средне – высокая	Высокая, прозрачные растворы
Температура гелеобразования, °С	При умеренной температуре 58-60	При умеренных температур 60-65	При повышенных температур 65-75
Свойства растворов и текстура	Вязкость средняя, может давать эластичную микрофазу в тесте, мутность при переработке	Сильная гелеобразующая способность, упругая текстура	Прозрачные, мягкие растворы; минимальная мутность, слабее тягучесть в тесте
Применение	Загустители для напитков, кремы, кондитерские и хлебобулочные изделия	Хлеб, макаронные изделия, соусы и крема	Желе, кремы, соусы, выпечка без глютена

Ячмень содержит меньше крахмала, чем рис и пшеница, но при этом температура гелеобразования ячменного крахмала находится более низком уровне, по сравнению с другими культурами [7].

Величина урожая и качество зерна характеризуют хозяйственную ценность посевов зерновых культур и являются основными показателями того или иного элемента технологии возделывания культуры [8].

По данным наших исследований установлено, что урожайность ярового ячменя в разные годы была различной и изменялась в зависимости от сложившихся погодных условий и сортовых особенностей (табл. 2). По средним данным за 2024-2025 гг. урожайность по всем сортам была сравнима и находилась в пределах 2,60-3,22 т/га. Наибольшая урожайность зерна у исследуемых сортов и линий за годы изучения получена у перспективной линии Hord 2384/01 – 3,22 т/га, что выше на 10% по сравнению со стандартным сортом Пересвет – 2,90 т/га.

Анализ технологических показателей зерна сортов и перспективных линий ярового ячменя, таких как масса 1000 зерен, натуральная масса зерна, крупность, цвет, запах, содержание зерновой примеси, представлены в таблице 2.

Высокий показатель натурной массы зерна для ярового ячменя, согласно ГОСТ критериям, составляет свыше 605 г/л. Анализируя натурную массу зерна ярового ячменя, полученную по всем сортам и линиям, отмечалось, что все значения существенно превысили установленный ГОСТом показатель. В среднем за годы исследований наибольшая натурная масса зерна была получена у сорта Поволжский 65 – 639 г/л, что выше на 2% по сравнению со стандартным сортом Пересвет – 627 г/л.

Ввиду того что натура не может дать всестороннего представления о физической добротности исследуемого зерна, определяют еще вес 1000 зерен [9]. Этот показатель рассматривается как дополнительный к натурной массе зерна. Вес 1000 зерен является более достоверным мерилом оценки достоинств зерна.

Таблица 2

Урожайность и технологические показатели качества зерна сортов и перспективных линий ярового ячменя (2024-2025 гг.)

Показатель качества	Пересвет, st	Поволжский 65	Поволжский 49	Hord 2445/17	Hord 2337/01	Hord 2384/01
Цвет	Желтый			Желтый с сизым оттенком		
Запах	Свойственный здоровому зерну ячменя					
Урожайность, т/га	2,90±1,54	2,60±1,18	3,14±1,73	3,07±2,23	2,97±1,61	3,22±1,59
$НСР_{0,5}$	0,31					
Натура, г/л	627,45±33,72	639,25±22,27	613,40±46,81	616,00±24,04	547,15±34,13	612,30±34,64
Масса 1000 зерен, г	45,63±6,18	41,25±3,13	41,26±5,06	48,72±5,40	44,84±4,86	42,12±7,66
Крупность, %	81,25±1,67	68,00±1,76	69,00±2,57	83,50±2,92	77,60±1,71	68,30±1,37
Содержание сорной примеси, %	0,50±0,02	0,40±0,01	0,50±0,01	0,30±0,02	0,20±0,01	0,30±0,01
Содержание зерновой примеси, %	0,10±0,01					
Зараженность	Не обнаружено					

Так, в среднем за годы исследований масса 1000 зерен ячменя по всем сортам находилась в пределах 41,25-48,72 г. У перспективной линии Hord 2445/17 отмечалась максимально высокая масса 1000 зерен, что на 3,09 г выше, чем у стандартного сорта Пересвет.

Крупность зерна имеет большое значении как в сельском хозяйстве (при выращивании и посеве), так и в пищевой промышленности (при переработке в муку, крупу, комбикорма) [9]. Этот параметр напрямую влияет на посевные качества семян, урожайность, а также на технологические свойства зерна при его переработке. Анализ результатов исследований по оценки крупности зерна ячменя, отмечает, что у перспективной линии Hord 2445/17 наивысшие результаты и выравненность зерна составила – 83,5%, что на 3% больше стандартного сорта.

Одним из самых важных и ценных показателей качества зерна ячменя, является содержание белка и крахмала [10]. Белки и углеводы, содержащиеся в растениях, служат основой питания человека и сельскохозяйственных животных. При этом более половины потребности в данных веществах удовлетворяются именно с помощью зерна: при употреблении в пищу в составе продуктов или через скармливание его животным для производства мяса. Поэтому их содержание является одной из важнейших характеристик его ценности.

В крупном зерне, как правило, регистрируется повышенное содержание крахмала, в мелком – высокое содержание белка. Из данных рисунка 1 и таблицы 2 видно, что сорт Поволжский 65 по крупности 68,0% уступил всем изучающим сортам и перспективным линиям, но по содержанию протеина за годы исследования у него был максимальны результат 16,21%. А вот у перспективной линии Hord 2445/17 с крупностью – 83,5%, содержание крахмала составило – 58,8 %, что оказалось самым наибольшим показателем содержания углеводов среди изучаемых сортов и линий ячменя.

Содержание протеина в зерне ячменя в среднем за годы исследований у разных сортов и линий изменялось от 14,21 до 16,21%. А содержание крахмала варьировалось от 55,8 и 58,8%, все сорта и перспективные линии превышали по данному показателю стандартный сорт Пересвет на 1-5%.



Рис. 1. Содержание протеина и крахмала в зерне ярового ячменя разных сортов и перспективных линий, среднее 2024-2025 гг.

Продуктивность посевов ярового ячменя определяется не только урожайностью зерна, но и сбором белка и выходом крахмала с единицы площади. Данные показатели имеют особое значение в зависимости от целей возделывания культуры. Так, если яровой ячмень возделывался на продовольственные и кормовые цели, то важен сбор белка, а если как сырье для пивоварения, то приоритетным будет выход крахмала.

Согласно таблице 3 сбор белка и выход крахмала ярового ячменя находились в зависимости от содержания белка, крахмала в зерне и урожайности сортов и перспективных линий ярового ячменя.

Таблица 3

Характеристика сортов и перспективных линий ярового ячменя, выделившихся по сбору сырого протеина и выхода крахмала, среднее за 2024 – 2025 гг.

Сорта, линии	Сбор сырого протеина с 1 га		Выход крахмала с 1 га	
	кг/га	Отклонение от st., кг/га	кг/га	Отклонение от st., кг/га
Пересвет, st	444,86	-	1644,05	-
Поволжский 65	421,76	-23,40	1475,03	-169,02
Поволжский 49	486,07	+41,21	1772,11	+128,05
Hord 2445/17	466,03	+21,17	1884,69	+240,64
Hord 2337/01	441,34	-3,52	1683,36	+39,30
Hord 2384/01	457,56	+12,70	1825,57	+181,51

Значительное влияние оказывала величина урожайности. Максимальный сбор белка с 1 га в среднем за годы исследования составил – 486,1 кг, был получен от сорта Поволжский 49, он был выше 9% стандартного сорта Пересвет. Объясняется это сочетанием как высокой концентрацией сырого протеина (15,48%) в зерне ярового, так и высокой урожайность (3,14 т/га).

Наибольший выход крахмала за годы исследования с 1 га был у перспективной линии Hord 2445/17 и составил - 1884,69 кг что на 13% больше в сравнении со стандартным сортом. Низкие показатели выхода крахмала были у сорта Поволжский 65 – 1475,03 кг, что на 10% меньше стандартного сорта Пересвет. Это может объяснятся низкой урожайностью данного сорта.

Заключение. Совокупность представленных данных в среднем за годы исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. Крахмальные гранулы ячменя отличаются от рисовых гранул простым строением и округлой формы, они имеют модифицированную поверхность. Соотношение амилозы к амилопектину 25/85%. У ячменного крахмала низкая температура гелеобразования 58-60 °С и высокая водонасыщаемость.

2. По данным исследования установлено, что наибольшая урожайность зерна была у перспективной линии Hord 2384/01 – 3,22 т/га. Также по показателям качества зерна содержанию крахмала и крупности линия Hord 2445/17 превышала стандартный сорт Пересвет на 3% и 6% соответственно.

3. Максимальный сбор сырого протеина и выход крахмала с 1 га за годы исследования наблюдалось у сорта Поволжский 49 (486 кг и 1778 кг) и у перспективной линии Hord 2445/17 (466 кг и 1882 кг).

Список источников

1. Каменева О. Б., Бычкова В. В., Кибальник О. П., Калинин Ю. А., Колганов Н. А. Изучение некоторых свойств нативных крахмалов различного происхождения // АгроЭкоИнфо. 2024. №6 (66). DOI: 10.51419/202146624 EDN: CUSHXY

2. Mohammed Obadi, Yajing Qi, Bin Xu Highland barley starch (Qingke): Structures, properties, modifications, and applications // Int J Biol Macromol 2021 Aug 31:185:725-738. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.204 EDN: JVCNHE

3. Rui M. S., Golfo Moatsou, Jooyeoun Jung Editorial: Sustainable Solutions in Food Technology // Sec. Nutrition and Food Science Technology. 2022. V. 9. DOI: 10.3389/fnut.2022.1101868

4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М., 2019. 384 с.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. 2011. 352 с. ISBN: 978-5-903034-96-3 EDN: QLCQEP

6. ГОСТ 10845-98. Зерно и продукты его переработки. Метод определения крахмала. М., 1998.

7. Сыркина Л. Ф., Никонорова Ю. Ю. Сорго зерновое как возможный источник сырья для переработки на крахмал и спирт // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10(163). С. 95-100. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-95-100 EDN: AOBTFT

8. Салтыкова О. Л., Бакаева Н. П. Урожайность, накопление белка и крахмала в зерне ярового ячменя от основной обработки почвы // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Сельскохозяйственные науки». 2024. № 7 (73). С. 116-121. DOI: 10.19110/1994-5655-2024-7-116-121 EDN: IVJXZF

9. Миникаев Д. Т., Гилязов М.Ю., Прищепенко Е. А., Газизов Р. Р. Влияние различных препаратов на продуктивность и качественные показатели ячменя // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 248. № 4. С. 145-150. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-248-4-145-150 EDN: NHUADC

10. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л., Васильев А. С. Повышение урожайности и сбора белка при возделывании ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья // Инновационные достижения науки и техники АПК: сб. науч. тр. – Кинель: Самарский государственный аграрный университет, 2023. С. 9-13. EDN: NZAWFB

11. Бакаева, Н. П. Влияние способа обработки почвы на продуктивность ярового ячменя в длительном зернопропашном севообороте на черноземе типичном / Н. П. Бакаева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № S1(84). С. 11-16. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-S1-11-16 EDN: XLJAXI

12. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Влияние способов основной обработки почвы на её физические показатели, урожайность и белковость зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т. 10. № 4. С. 47-52. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-47-52.

References

1. Kameneva, O. B., Bychkova, V. V., Kibalnik, O. P., Kalinin, Yu. A. & Kolganov, N. A. (2024). Study of some properties of native starches of various origin. *AgroEcoInfo*. № 6 (66). DOI: 10.51419/202146624 EDN: CUSHXY (in Russian).

2. Mohammed Obadi, Yajing Qi & Bin Xu (2021). Highland barley starch (Qingke): Structures, properties, modifications, and applications. *Int J Biol Macromol*. Aug 31:185:725-738. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.06.204 EDN: JVCNHE

3. Rui, M. S., Golfo Moatsou & Jooyeoun Jung (2022). Editorial: Sustainable Solutions in Food Technology. *Sec. Nutrition and Food Science Technology*. V. 9. DOI: 10.3389/fnut.2022.1101868

4. Methodology for State Variety Testing of Agricultural Crops. Issue 1. General Part. Moscow, 2019. 384. (in Russian).

5. Dospekhov, B. A. (2011). Methodology of field experience. 352. EDN: QLCQEP (in Russian).

6. GOST 10845-98. Grain and its processed products. Starch determination method. Moscow, 1998. (in Russian).

7. Syrkina, L.F. & Nikonorova, Yu.Y. (2020). Sorghum as a possible source of raw materials for processing into starch and alcohol. *Bulletin of KrasGAU*. 10 (163). 95-100. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-95-100 EDN: AOBTFT (in Russian).

8. Saltykova, O. L. & Bakaeva, N. P. (2024). Productivity, protein accumulation and starch in the grain of spring barley from basic tillage. *Proceedings of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. The series "Agricultural sciences"*. 7 (73). 116-121. DOI: 10.19110/1994-5655-2024-7-116-121 EDN: IVJXZF (in Russian).

9. Minikaev, D. T., Gilyazov, M. Yu., Prishchepenko, E. A. & Gazizov, R. R. (2021). The effect of various drugs on productivity and quality indicators of barley. *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 248, 4. 145-150. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-248-4-145-150 EDN: NHUADC (in Russian).

10. Bakaeva, N. P., Saltykova, O. L. & Vasiliev, A. S. (2023). Increase in yield and protein harvest during cultivation of spring barley in the Middle Volga region. *Innovative achievements of science and technology of the agroindustrial complex : collection of scientific tr*. Kinel : Samara State Agrarian University. 9-13. EDN: NZAWFB (in Russian).

11. Bakaeva, N. P. Influence of soil treatment method on the productivity of spring barley in a long-term grain-tillage crop rotation on typical chernozem. Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy). 11, S1(84). 11-16. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-S1-11-16 (in Russian).

12. Bakaeva, N. P. & Saltykova, O. L. (2025). Influence of soil treatment methods on its physical parameters, yield, and protein content of spring barley grain in the Middle Volga Region. Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy), 10, 4, 47-52. (in Russian). DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-47-52.

Информация об авторах:

Юлия Юрьевна Никонорова✉, младший научный сотрудник;
ID: https://orcid.org/0000-0003-0376-261X; e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Лариса Александровна Косых, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;
ID: https://orcid.org/0000-0002-1804-5851 e-mail: laramart163@mail.ru

Наталья Николаевна Ермилина, младший научный сотрудник;
ID: https://orcid.org/0000-0002-3008-671X, e-mail: ermilinamilana@gmail.com

Илья Владимирович Коновалов, младший научный сотрудник.
ID: https://orcid.org/0009-0008-1114-0750; e-mail: ilya.konovalov-2001@mail.ru

Information about the authors:

Julia Yu. Nikonorova✉*,* Junior research assistant;
ID: https://orcid.org/0000-0003-0376-261X; e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Larisa A. Kosykh, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher;
ID: https://orcid.org/0000-0002-1804-5851 e-mail: laramart163@mail.ru

Natalya N. Ermilina, Junior research assistant;
ID: https://orcid.org/0000-0002-3008-671X, e-mail: ermilinamilana@gmail.com

Ilya V. Konovalov, Junior research assistant.
ID: https://orcid.org/0009-0008-1114-0750; e-mail: ilya.konovalov-2001@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 16.07.2026; одобрена после рецензирования 14.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 16.07.2026; approved after reviewing 14.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 332:338
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-59-68

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В КОНТЕКСТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ДРОНЫ В ОТРАСЛЕВОЙ ЭКОНОМИКЕ

К. В. Рассказова[1], Н. Е. Тропынина[1], Е. А. Фурсова[2]✉
[1] Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург, Россия.
[2] Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург, Россия.

Резюме. *Актуальность исследования обусловлена необходимостью пристального внимания к усилению продовольственной безопасности России, импортозамещению в условиях санкционного давления и поставленных правительством задач в направлении достижения технологического суверенитета и активной цифровой трансформации экономики. Цифровизация логистики сельскохозяйственного сектора и пищевого производства является одним из наиболее значимых инструментов повышения эффективности и устойчивости бизнес-процессов за счет минимизации потерь сырья и обеспечения стабильности сырьевых цепочек, особенно в стратегически значимых областях хозяйственной деятельности, таких как агропромышленные комплексы. Исследование проводилось на примере внедрения российских дронов-оросителей как элемента цифровой трансформации сельскохозяйственных бизнес-процессов, способствующего импортозамещению. Анализ объема брака хмеля на российских плантациях выявил существенные недостатки в системе мониторинга и оперативного контроля за состоянием посевов и неэффективность управления аграрными рисками. Для устранения выявленных проблем авторами было предложено внедрение специализированных дронов-помощников, которые объединяют функции дистанционного мониторинга посевов (съемка мультиспектральными сенсорами) и систем адресного орошения. Данное решение позволит минимизировать потери урожая, вызванные пересыханием посевов, и повысит их урожайность. Предложенное цифровое решение позволит снизить процент брака, обеспечит экономию и повысит конкурентоспособность отечественного хмеля за счет увеличения выхода пригодного сырья и снижения зависимости отечественных предприятий от импортных поставок.*

***Ключевые слова*:** беспилотные летательные аппараты (БПЛА), отраслевое импортозамещение, технологический суверенитет, продовольственная безопасность, цифровизация производственных процессов, аграрный сектор экономики, производственно-логистическая цепочка

***Для цитирования*:** Рассказова К. В., Тропынина Н. Е., Фурсова Е. А. Цифровая трансформация в контексте технологической и продовольственной безопасности: дроны в отраслевой экономике // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 59-68. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-59-68

Original article

DIGITAL TRANSFORMATION IN THE CONTEXT OF TECHNOLOGICAL AND FOOD SECURITY: DRONES IN THE INDUSTRIAL ECONOMICS

K. V. Rasskazova[1], N. E. Tropynina[1], E. A. Fursova[2]✉
[1] St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Saint Petersburg, Russia
[2] Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

Abstract. The relevance of this study is caused by the need for close attention to strengthening Russia's food security, import substitution under sanctions pressure, and government-set goals to achieve technological sovereignty and the active digital transformation of the economy. Digitalization of logistics in the agricultural sector and food production is one of the most significant tools for increasing the efficiency and sustainability of business processes by minimizing raw material losses and ensuring the stability of raw material chains, especially in strategically important areas of economic activity, such as agro-industrial complexes. The study was conducted using the example of the implementation of Russian irrigation drones as an element of the digital transformation of agricultural business processes, facilitating import substitution. An analysis of the volume of hop defects on Russian plantations revealed significant shortcomings in the system for monitoring and operational control of crop condition, as well as ineffective agricultural risk management. To resolve the identified problems, the authors proposed the introduction of specialized drone assistants that combine the functions of remote crop monitoring (shooting with multispectral sensors) and targeted irrigation systems. This solution will minimize crop losses caused by crop drying out and increase their productivity. The proposed digital solution will reduce the percentage of defective products, ensure cost savings, and enhance the competitiveness of domestic hops by increasing the yield of suitable raw materials and reducing domestic enterprises' dependence on imported supplies.

© Рассказова К. В., Тропынина Н. Е., Фурсова Е. А., 2026

Keywords: drones, industrial import substitution, technological sovereignty, country's food security, digitalization of production processes, agricultural sector of economy, production and logistics chain

For citation: Rasskazova, K. V., Tropynina, N. E., & Fursova, E. A. (2026). Digital transformation in the context of technological and food security: drones in the industrial economics // *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4. 59-68. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-59-68 (in Russian).

Введение. Продовольственная безопасность и технологическая безопасность является неотъемлемой частью национальной безопасности России, что отражено в «Стратегии национальной безопасности РФ» [1], в частности в части национальных интересов и стратегических национальных приоритетов. Понятие «продовольственная безопасность» отражено также непосредственно в «Доктрине продовольственной безопасности», где она трактуется как физическая и экономическая доступность продуктов питания, соответствующих требованиям, в том числе ЕАЭС, отдельно прописывается опора на продовольственную независимость [2].

На сегодняшний день цифровые технологии стали драйверами экономического роста страны, бизнес-процессов российских предприятий во всех отраслях и секторах экономики от транспорта до пищевой промышленности. В последние годы экономика России сталкивается различными вызовами, некоторые из которых напрямую связаны с сельским хозяйством, так как эффективность работы данного сектора во многом определяет способность Российской Федерации противостоять существующему санкционному давлению и смягчать его воздействие на экономику нашей страны.

Устойчивость аграрного сектора является ключевым фактором в обеспечении продовольственной безопасности России, который снижает зависимость отечественных предприятий от импорта и помогает поддерживать стабильность внутреннего рынка в условиях внешних ограничений. Все это свидетельствует о необходимости повышения технологической, управленческой и инфраструктурной конкурентоспособности отрасли для минимизации рисков и укрепления экономического суверенитета.

Несмотря на сохраняющийся за последнее десятилетие рост в России объемов производства зерновых культур, доля импортной муки на внутреннем рынке увеличилась в 10 раз, аналогичная тенденция наблюдается и в других сегментах продовольственного сектора. Это свидетельствует о том, что даже при производстве продукции на отечественных предприятиях, большая часть сырья имеет иностранное происхождение. Данная ситуация подчеркивает важность создания условий, стимулирующих интеграции местного сырья в производственную цепочку создания продукции пищевой промышленности, учитывая статус сельского хозяйства как стратегической отрасли, обеспечивающей экономическую стабильность большинства регионов России. Также, важным аспектом развития сельскохозяйственных предприятий является их интеграция в цифровую трансформацию экономики. Для пивоваренных предприятий, которые зависят от качества ячменя и хмеля, это означает возможность точечного управления закупками сырья и снижение рисков поставок испорченного зерна. Актуальность проведенного исследования обусловлено критической потребностью обеспечить снижение сырьевых потерь в российском агропромышленном комплексе в условиях санкций и поставленных задач по импортозамещению. При этом, качество хмеля, как ключевого компонента пивоварения напрямую определяет конкурентоспособность производимой продукции, в том числе, в контексте продовольственной безопасности.

Комплексный, многосторонний анализ научных литературных источников, публицистики, нормативных актов, отчетности компаний по тематике исследования, включая трансформацию экономики в направлении цифровизации [3-12, 16], учета санкционной повестки и курса на импортозамещение в рамках государственной стратегии развития и национальных приоритетов [1-2, 13-15] выявил не достаточную проработку темы. В частности, несмотря на наличие проектов применения спутникового мониторинга и использования дронов для диагностики состояния сельскохозяйственных плантаций, на сегодняшний день отсутствует универсальное решение обеспечивающее оперативное реагирование на агропромышленные риски (такие как, высыхание, фитофтороз и др.), что приводит к браку сельскохозяйственного сырья уже на этапе выращивания. Вследствие чего нарушатся логистическая цепочка с момента обеспечения поставок, что в масштабах страны может даже угрожать продовольственной безопасности.

Исследование базируется на теоретических принципах точного земледелия и замкнутых IoT-систем, предполагающих обеспечение непрерывного мониторинга с возможностью точечного автоматического реагирования (например, точечный полив при обнаружении пересыхания почвы). Гипотеза исследования заключалась в том, что разработка и применение специализированных дронов-помощников с функцией адресного орошения позволит сократить потери урожая и повысит качество сырья за счет оперативного устранения дефицита влаги и профилактики возможных заболеваний растений.

Целью исследований является разработка обоснованных предложений по внедрению российских дронов [3-9, 16, 21-22] как элемента цифровой трансформации бизнес-процессов в агропромышленном комплексе, способствующих импортозамещению в направлении достижения технологического суверенитета и продовольственной безопасности нашей страны [1-2], на основе комплексного анализа экономической эффективности (технико-экономического обоснования внедрения специализированных дронов-оросителей), включая оценку снижения уровня брака хмеля и изменения себестоимость сырья [3-9, 17-20, 22].

Материал и методы исследований. В исследовании использовался комплексный подход, объединяющий следующие методы, методики и аналитические инструменты:

- анализ цепочки создания стоимости на базе методологии SCOR-модели для диагностики узких мест в системе контроля качества хмеля;
- технико-экономическое обоснование (ТЭО) (включая сравнительный анализ коммерческих предложений поставщиков БПЛА;
- калькуляция затрат по авторской методике, адаптированной из требований ГОСТ Р 2.810-2023 (с учетом затрат на разработку программного обеспечения, эксплуатацию и обучение персонала) [22];
- оценка потерь урожая на основе фактических отчетных данных ведущих отечественных региональных агропромышленных предприятий за 2023–2024 гг. [17-20];
- прогнозное моделирование эффективности с использованием авторской модели снижения брака хмеля, которое обосновывает 10%-й эффект за счет синтеза данных о влиянии БПЛА на фитофтороз и экспертных оценок устойчивости сельскохозяйственных культур к засухе;
- расчет финансового результата методом детерминированного факторного анализа и верификацию, через сценарный подход при варьировании норм расхода хмеля в диапазоне от 1,5 до 8 г/л [17-20, 22].

Исследование проводилось в пять этапов. На первом этапе была проведена диагностика проблемы, аудит технологической цепочки выявил потери хмеля на уровне 25%. На втором этапе выполнено проектирование технического решения: разработано техническое задание (ТЗ) на специализированные дроны-помощников, оснащенные функциями мониторинга по NDVI-индексу и возможностью точечного орошения. Третий этап включал расчет инвестиционных и операционных затрат на основе результатов RFQ-запросов, тарифах ТЭЦ на энергоресурсы и среднерыночном уровне оплаты труда операторов. На четвертом этапе была проведена оценка экономического эффекта посредством сравнительного анализа потерь «до» и «после» внедрения предложенного решения. Пятым, завершающим этапом стал анализ чувствительности, в ходе которого варьировались основные параметры такие как доля брака, стоимость хмеля и количество точечного полива. Воспроизводимость результатов обеспечена использованием открытых источников данных (включая правила эксплуатации БПЛА [16, 22]), детализацией расчетов, ссылками на промышленные стандарты и нормативы расхода хмеля [22], а достоверность подтверждена верификацией исходных данных через внутренние электронные ресурсы и отчеты крупного отечественного предприятия агропромышленного комплекса, использованием средневзвешенных значений в ТЭО (на основе коммерческих предложений) и перекрестной проверкой прогнозных оценок по двум сценариям (оптимистичный и базовый).

Результаты исследований. *Анализ текущих потерь хмеля*. Российский хмель существенно отличается от зарубежных аналогов по вкусовому профилю и химическому составу: при содержании альфа-кислот всего 3-8,7% против 12-20% у американских и немецких сортов, он демонстрирует доминирование ароматических характеристик над горькими, а также сниженное содержание эфирных масел (особенно мирцена), что ограничивает его применение в крафтовом пивоварении, требующем интенсивной горечи и сложных цитрусово-хвойных нот. Эти различия обусловлены тем, что российские хмельники (90% сосредоточены в Чувашии) характеризуются суглинистыми почвами, дефицитом солнечных дней (менее 300 против 300+ в долине Якима, США) и недостаточной селекционной работой, тогда как ведущие хмелеводческие регионы мира (Тихоокеанский Северо-Запад США, Халлертау в Германии) сочетают оптимальную инсоляцию, баланс осадков и многолетние программы гибридизации [16-19]. Ключевым лимитирующим фактором урожайности является водный режим: хмель требует 500-700 мм осадков в год, а засуха (менее 300 мм) сокращает выход шишек на 30-50% за счет угнетения роста лозы, снижения массы соцветий и концентрации лупулина, а также повышает уязвимость к фитофторозу и мучнистой росе, что подтверждено данными по Чувашии (потери 25% в 2024 г.). Исследование, проведенное на хмелевых плантациях общей площадью 22 га, расположенных в Республике Чувашии в течении двухлетнего цикла выращивания хмеля сорта «Подвязный» выявила прямую корреляцию между дефицитом осадков и долей брака получаемого сырья. Так, при урожайности 1,7 т/га и годовой норме осадков 450 мм доля непригодного хмеля достигала 25%, что эквивалентно ежегодным финансовым потерям равным 30,25 млн р. Моделирование на основе спутникового мониторинга NDVI-индекса и данных с наземных метеостанций показало, что снижение сезонной нормы осадков на 20% увеличивает брак до 35% по причине деградации фенольных соединений и альфа-кислот, определяющих качества хмелевого сырья.

Для достижения качества, сопоставимого с зарубежными аналогами, необходимо комплексное решение, включающее: внедрение систем адресного орошения на базе БПЛА, для минимизации потерь от засухи, и активизация селекционной работы с фокусом на устойчивость к климатическим стрессорам (ресурсом является коллекция из 250 сортов хмеля, сохраняемая в Чувашском научно-исследовательском институте сельского хозяйства). Научное обоснование представленных зависимостей подкреплено данными аналитических отчетов и научных работ [3-9, 17-20] в результате чего можно спрогнозировать снижение урожайности хмеля на 18,4% к 2050 г. при росте среднегодовой температуры на 1,4 °С, в том числе с учетом структуры потерь в Республике Чувашии и динамики импорта хмеля. Таким образом, было выявлено, что 25% хмелевого сырья на плантациях в Республике Чувашии теряется из-за несвоевременного реагирования на агрориски (например, высыхание, фитофтороз и др.), это подтверждается и внутренними отчетами компании за 2023-2024 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Пример фрагмента расчета агротехнических и финансово-экономических показателей потерь до внедрения дронов

Показатель	Значение
Фактическая урожайность, т/га	1,7
Средний процент пригодного хмеля, %	75
Средний процент брака, %	25
Стоимость закладки 1 га, млн р.	5,5
Стоимость закладки 22 га, млн р.	121
Финансовые потери из-за 25% брака хмеля на 1 га, млн р.	1,375
Финансовые потери из-за 25% брака хмеля на 22 га, млн р.	30,25

Источник: расчет выполнен авторами на примере фактических данных потерь хмеля на плантации общей площадью 22 га, расположенной в Республике Чувашии.

При себестоимости закладки 1 га хмелевых насаждений (стоимостью 5,5 млн р.) годовой финансовый ущерб составляет 30,25 млн р. Основной причиной таких потерь является временной разрыв между сбором данных (поступающих со спутников и дронов) и оперативными действиями, что требует корректирующих методологических (научных) и практических (логистических) решений.

Эффективность внедрения дронов-помощников. Внедрение дронов в сельское хозяйство, включая выращивание хмеля, позволяет минимизировать потери за счет оптимизации процессов мониторинга, анализа и управления агротехническими операциями (рис. 1, а, б).



а ***б***

Рис. 1. Примеры использования дронов в агропромышленном комплексе экономики:
а – для сбора данных и точного земледелия; б – для интеллектуального планирования маршрута и распыления;
Источник: https://dronomania.ru/

Исследования показывают, что раннее выявление фитофтороза с помощью дронов снижает потери урожая на 8-12% [16-19]. Процент брака уменьшится и составит 15% (табл.2).

Таблица 2

Пример фрагмента расчета агротехнических и финансово-экономических показателей после внедрения дронов-помощников

Показатель	Значение
Фактическая урожайность, т/га	1,7
Средний процент пригодного хмеля, %	85
Средний процент брака, %	15
Стоимость закладки 1 га, млн р.	5,5
Стоимость закладки 22 га, млн р.	121
Финансовые потери из-за 15% брака хмеля на 1 га, млн р.	0,825
Финансовые потери из-за 25% брака хмеля на 22 га, млн р.	18,15
Экономия от снижения процент брака хмеля, млн р.	12,1

Источник: расчет выполнен авторами на примере фактических данных мониторинга и учета сокращения брака на 10%

Таким образом, реализация предложенного решения позволит снизить финансовые потери с 30,2 5 млн р. до 18,15 млн р., что соответствует экономии в 12,1 млн р. (табл.3).

Таблица 3

Сравнительный анализ результатов от реализации мероприятий по внедрению дронов-помощников

Показатель	До реализации мероприятий	После реализации мероприятий	Изменение показателя
Средний процент пригодного хмеля, %	75	85	+10
Средний процент брака, %	25	15	-10
Стоимость закладки 1 га, млн р.	5,5	5,5	-
Стоимость закладки 22 га, млн р.	121	121	-
Финансовые потери из-за брака хмеля на 1 га, млн р.	1,375	0,825	0,55
Финансовые потери из-за брака хмеля на 22 га, млн р.	30,25	18,15	12,1

Источник: расчет выполнен авторами

Для оценки увеличения объёма производства пивных напитков за счет снижения процента брака хмеля на площади 22 га был рассчитан прирост выхода пригодного сырья. Первоначальный уровень пригодности урожая составлял 75%, то есть 28,05 т пригодного хмеля от общего урожая массой 37,4 т. После внедрения специализированных дронов уровень брака снизился до 15%, а доля пригодного урожая возросла до 85%. Таким образом, объем реализуемого хмеля увеличился до 31,79 т., то есть прирост составил 3,74 т. или 3 740 кг. Чтобы определить объём пива, который может быть произведён из этого дополнительного пригодного хмеля, используем диапазон: 1,5-8 г хмеля на производство 1 л. пива. По данным исследований именно в таком диапазоне преобладает количество хмеля в пивоваренной продукции [16-19, 21]. При использовании 8 г хмеля на 1 л., объем пива от дополнительного пригодного хмеля составит 467 500 л. При использовании 1,5 г хмеля на 1 л., объем пива от дополнительного пригодного хмеля составит 2 493 333,3 л. С учётом снижения процента брака, предприятие может произвести дополнительно от 467 500 л. до 2 493 333 л. пива, в зависимости от сорта пива и норматива расхода хмелевого сырья на производства одного литра пива.

Оценка дополнительного объема пива, которое может быть произведено из сохранённого хмеля, демонстрирует мультипликативный эффект цифровизации для всей производственно-логистической цепочки: от поля до конечного продукта. Совокупные затраты на внедрение дронов-помощников составят 51,8 млн р. (расчеты представлены в таблицах 4-7).

Таблица 4

Технико-экономическое обоснование – пример фрагмента расчета основных затрат на внедрение дронов-помощников

Статья затрат	Стоимость, млн руб.
Разработка прототипа дрона, в том числе: проектирование, 3D-моделирование, тестирование	5,0
Производство партии дронов (50 шт. — минимальный объем для покрытия 22 га при ротации 5 дронов в день)	25,0
Система мониторинга и орошения	10,0
Обучение персонала	1,0
Эксплуатационные расходы (в год)	10,8
Итого	51,8

Источник: расчет выполнен авторами исходя из потребностей (запросов), техзадания, фактических отчетных данных исследуемых компаний АПК

Таблица 5

Технико-экономическое обоснование – пример фрагмента расчета основных затрат на разработку проекта по созданию системы мониторинга и орошения полей

Этап, содержание работ	Трудоемкость, ч	Стоимость, млн руб.
Разработка методов и настройка системы мониторинга и орошения	120МП/320УП	1,330
Совместное тестирование 1, подготовка описания	80МП/140УП	0,960
Подготовка проекта к переносу в рабочую среду, сопровождение настройки и ввода в эксплуатацию	80МП/80УП	0,720
Модификация функциональности, разработка новых структур данных	80МП/240УП	1,360
Совместное тестирование 2, подготовка описания	80МП/80УП	0,720
Подготовка проекта к переносу в рабочую среду, сопровождение настройки и ввода в эксплуатацию	60МП/60УП	0,540
Модификация функциональности: создание «хранилище Информации», реализация в реестре, включая Отчёт	24МП/56УП	0,344
Совместное тестирование 3	16МП/24УП	0,176
Подготовка проекта в рабочую среду	10МП/10УП	0,900
Реализация в документах ОС	40МП/120УП	0,680
Совместное тестирование 4	40МП/40УП	0,360
Заключительная подготовка проекта к переносу на рабочую среду	8МП/16УП/76ТР	0,522
Реализация в отчётах ОС (около 50 отчётов)	40МП/200УП/100ТР	1,550
Совместное тестирование 5	60МП/60УП	0,540
Реализация проекта в рабочей среде	8МП/17УП	0,108
Всего	746МП/1462УП/176ТР	10,000

Пояснения (обозначения): МП – менеджер проекта; УП – уровень подготовки; ТР – трудозатраты.
Источник: расчет выполнен авторами

Высокая трудоемкость связана необходимостью настройки алгоритмов мониторинга, созданием хранилища данных и адаптацией системы к реальным условиям эксплуатации, включая перенос данных в рабочую среду и документирование.

Таблица 6

Технико-экономическое обоснование – пример фрагмента расчета эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы	Годовая стоимость, млн руб.
Техническое обслуживание и ремонт дронов, в том числе:	1,500
регулярный профилактический осмотр	0,500
замена вышедших из строя компонентов	1,000
Расходы на электроэнергию, в том числе:	0,300
потребление электроэнергии дронами (из расчета 100 к.Втч в день, по договору с ТЭЦ)	0,200
расходы на зарядные станции (обслуживание, электроэнергетика)	0,100
Расходные материалы, в том числе:	0,300
расходные материалы для систем мониторинга	0,150
расходные материалы для систем орошения	0,100
расходные материалы для обработки данных	0,050
Оплата труда персонала, в том числе:	8,400
операторов дронов (2 чел.)	4,800
инженеров по обслуживанию IT-системы (1 чел.)	3,600
Прочие (накладные) расходы:	0,300
Итого	10,800

Источник: расчет выполнен авторами

Эксплуатационные расходы на систему мониторинга и орошения в размере 10,8 млн р. в год обоснованы данными из открытых источников и внутренних документов компании. Стоимость труда операторов дронов (4,8 млн р.) и инженеров (3,6 млн р.) в год рассчитана на основе предлагаемых вакансий для специалистов с опы-

том работы с БПЛА. Себестоимость расходных материалов учтена по ценам из технико-коммерческих предложений поставщиков, предоставленных в ответ на ТС. Следует отметить, что затраты на электроэнергию соответствуют действующим тарифам компании по договору с ТЭЦ. В дальнейших исследованиях было бы целесообразным продолжить расчеты с учетом возможной вариативности условий: аккумуляторы агродронов заряжаются в полевых условиях при помощи зарядных станций, запитываемых от электрогенераторов.

Высокая доля затрат на персонал (77,8%) и замену компонентов дронов отражает специфику эксплуатации высокотехнологичного оборудования, требующего квалифицированного обслуживания, при этом структура расходов соответствует существующим отраслевым практикам. Расчёт затрат на обучение сотрудников приведен отдельно, поскольку, как планируется, носит единовременный характер.

Таблица 7

Технико-экономическое обоснование – пример фрагмента расчета затрат на обучение сотрудников

Затраты на обучение персонала	Стоимость, млн руб.
Привлечение экспертов и методологов (2 чел.)	500 000
Создание учебных пособий, видеоматериалов	100 000
Командировочные расходы (2 чел.)	400 000
Итого	1 000 000

Источник: расчет выполнен авторами

Обсуждение. Результаты исследования подтверждают гипотезу о том, что интеграция БПЛА, совмещающих функции мониторинга по NDVI-индексу и адресного орошения в агроцепочку хмелеводства позволяет снизить потери урожая на 10% (с 25% до 15%). Полученный результат согласуется с выводами о влиянии дронов-помощников на минимизацию фитофтороза, а также расширяет их подтверждения комплексного воздействия на засухоустойчивость культур.

В отличие от исследований, ориентированных только на сбор данных и диагностику (например, исследования Россельхозбанка) предложенное в статье решение устраняет существующий в агропромышленном комплексе разрыв между сбором данных и оперативными мероприятиями на их основе. Тем самым, предложенное решение формирует системы замкнутого цикла: «данные-анализ-реакция».

Полученные результаты (годовая экономия – 12, 1 млн р. для плантации 22 га и окупаемость 1,7 года) обеспечиваются не только технологическими факторами (точность полива, раннее обнаружение заболеваний растений), но и адаптацией модели технико-экономического обоснования к российским условиям, при которых высокие затраты на персонал компенсируется низкими тарифами на энергию и локализацией производства дронов на территории РФ.

Сравнение предложенного решения с зарубежными аналогами (например, с проектами BASF Digital Farming) показывает, что предложенная методика отличается сравнительно низкой капиталоемкостью и оптимизирована под работу в условиях санкций (использование отечественных сенсоров, закрытых сетей передачи данных, адаптация к ограничению поставок импортных компонентов).

Научный вклад исследования заключается в разработке воспроизводимой модели расчета экономического эффекта цифровизации применительно к сырьевым цепочкам в агропромышленном комплексе (не только к хмелеводству, но и к овощеводству, выращиванию зерновых культур и др.). Также, эмпирическим путем подтверждено снижение затрат при интеграции использования БПЛА с отечественными агротехнологиями.

Практическая значимость исследования заключается в том, что предложенное решение может быть тиражировано и применено на аналогичных хмелевых плантациях, расположенных в Республики Чувашии, Краснодарском крае и других российских регионах, где наблюдается дефицит влаги. Представленное решение позволяет фермерам прогнозировать эффект от использования дронов-оросителей и обосновывать необходимые инвестиционные затраты на их внедрение.

Ограничением подхода выступает зависимость результатов от аномальных климатических факторов (например, засуха продолжительностью свыше 45 дней), это требует дальнейших исследований и разработки моделей и адаптивных алгоритмов полива, при этом, уже полученные в ходе исследования результаты и выводы создают основу для осуществления цифровой трансформации процессов в агропромышленном комплексе России в условиях импортозамещения.

Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что внедрение дронов-помощников с функциями мониторинга NDVI-индекса и адресного орошения снизят потери хмеля на 10% (с 25% до 15%), что обеспечит годовую экономию использования хмелевых плантации в Чувашской республике. При этом следует отметить, что ключевым фактором полученного эффекта стала ликвидация «цифрового разрыва» между сбором данных и оперативными агротехническими действиями, что не достигалось существующими раннее традиционными методами спутникового наблюдения.

Заключение. В результате проведенного комплексного исследования можно отметить основной научный вклад авторов работы, который заключается в разработке нового подхода к оценке экономического эффекта цифровой трансформации процессов в агропромышленной сфере, сочетающей авторскую методику ТЭО, SCOR-анализ и факторный анализ, которая может быть масштабирована и использована не только применительно к хмелеводству, но и к другим секторам АПК.

Предпосылкой для масштабирования результатов работы является адаптация модели к другим регионам и климатическим зонам России, где засухи вызывают до 50% потерь урожая; дальнейшие исследования будут направлены на создание адаптивных алгоритмов полива для экстремальных условий, расширение функционала дронов для борьбы с мучнистой росой и вредителями, разработку интеграционной платформы «умное поле» с ИИ-анализом данных спутников, метеостанций и почвенных сенсоров.

Следует также отметить, что для активного внедрения дронов-оросителей в агро-практику требуется: государственная поддержка в форме субсидий на закупку БПЛА (до 40% стоимости), обучение фермеров работе с цифровыми инструментами, и корректировка отраслевых стандартов качества сырья с учетом новых технологических возможностей.

Все это в комплексе укрепит продовольственную безопасность России и снизит зависимость от импорта в стратегических отраслях. А внедрение отечественных дронов-оросителей снижает зависимость от импортных систем точного земледелия, что соответствует задачам импортозамещения. Также повышение выхода пригодного хмеля укрепит продовольственную безопасность, обеспечивая стабильность сырьевой базы не только для пивоваренной промышленности, но и, например, для фармацевтической и парфюмерно-косметической отраслей, где хмель также используется благодаря своим биологически активным веществам.

Таким образом, внедрение отечественных дронов-оросителей в агро-процессы повышает эффективность деятельности не только в сфере хмелеводства, но и способствует формированию конкурентоспособной и технологически независимой модели дальнейшего развития АПК.

Список источников

1. Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 г. № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». Официальный сайт Президента РФ. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046 (дата обращения: 25.12.2025).

2. Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». Официальный сайт Президента РФ. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106 (дата обращения: 25.12.2025).

3. Ментюкова О. В. Цифровизация сельского хозяйства // Региональные проблемы устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях цифровой трансформации. Пенза: ПГАУ, 2023. С. 46-49. EDN: OYCDSS

4. Мурсяев Д. М., Бадов В. Д. Цифровые решения для сельского хозяйства // Инициативы молодых – науке и производству. Пенза: ПГАУ, 2024. С. 1113-1117. EDN: YFSDWV

5. Кирилов М. Н., Митин С. Г. Региональные проблемы цифрового развития сельского хозяйства // Вестник НГИЭИ. 2024. № 3(154). С. 98-106. DOI: 10.24412/2227-9407-2024-3-98-106 EDN: VXYIXQ

6. Извекова Е. В., Меркулова Е. Г., Ашихина Л. А. Меры по развитию новых отечественных рынков индустрии питания и агропромышленного комплекса // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2024. №. 20. С. 85-88. DOI: 10.36683/FP-20/85-88 EDN: FBNHZK

7. Клычова Г., Закирова А., Валиев А., Юсупова А. Ф., Хусаинова А. С. Повышение эффективности системы управления посевами на основе цифровых технологий // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2021. *16*(3), 121-127. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-121-127 EDN: QKGBTS

8. Хоробрых А. Цифровизация АПК: актуальное состояние и перспективы развития // Стандарты и качество. 2021. № 7. С. 62-65. EDN: CUXFUR

9. Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity / R. Abiri, N. Rizan, S. K. Balasundram [et al.] // Heliyon. 2023. Vol. 9, No. 12. P. e22601. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e22601 EDN: URJVNN

10. Ефимова Л. С., Тропынина Н. Е. Особенности анализа и тенденции развития рынка иформационных технологий // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2021. № 1(51). С. 33-39. DOI: 10.47581/2021/FA-07/IE/51/01.005 EDN: HVIZYZ

11. Кравченко Л. А., Панков Д. А. Цифровая экономика – промежуточные итоги и дальнейшие перспективы // Цифровая экономика и финансы / Под научн. ред. Е.А. Синцовой [и др.]. СПб.: Астерион, 2020. С. 40-43. EDN: UXKOCQ

12. Покровская О. Д. Цифровизация транспортной отрасли // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2019. № 12. С. 3-7. DOI: 10.36535/0236-1914-2019-12-1 EDN: WEYNNH

13. Gulyi I., Kazanskaya L. Creation of supply chains for the delivery of agricultural products and food along the Eurasian transport corridors // E3s web of conferences: International Scientific Conference "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East" (AFE-2023), Blagoveshchensk, Vol. 462. EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. P. 01029. DOI: 10.1051/e3sconf/202346201029 EDN: PFKFCX

14. Дроздова М. А., Фурсова Е. А., Тропынина Н. Е. Стратегическое развитие национальной экосистемы: концепция цифрового суверенитета в условиях VUCA-мира // Экономика устойчивого развития. 2025. № 4(64). С. 314-318. EDN: IASGKJ

15. Покровская О. Д., Мороз Ю. А., Меликов М. И. Трансформация рынка транспортных услуг в России в условиях международных санкций // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 1. С. 197-211. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211 EDN: UQQEZZ

16. Фурсова Е. А. «Беспилотники»: технологии цифровой трансформации и экологизации экономики и менеджмента // Инновационные подходы развития экономики и управления в XXI веке. СПб.: ПГУПС, 2021. С. 168-173. EDN: OOXZLU

17. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Раздел "Новости регионов". URL: https://mcx.gov.ru/press-service/regions/chuvashiya-planiruet-privlech-bolee-9-mlrd-rubley-investitsiy-v-razvitie-khmelevodstva-za-5-let/ (дата обращения: 26.12.2025).

18. Статистика урожайности хмеля В РФ на 2024 год // Федеральная государственная информационная система прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна (ФГИС "Зерно") URL: https://zerno.mcx.gov.ru (дата обращения: 26.12.2025).

19. Цифровые технологии для пищевой промышленности: тренды 2025 года // РБК ПРО URL: https://companies.rbc.ru/news/LPfhjlJzFx/tsifrovyie-tehnologii-dlya-pischevoj-promyishlennosti-trendyi-2025-goda/?ysclid=mv2shj-tabn927585043&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 27.12.2025).

20. Цифровая трансформация пивоварения // ETprotein-ведущий китайский завод по производству белков. URL: https://www.etprotein.com (дата обращения: 27.12.2025).

21. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил государственного учета беспилотных гражданских воздушных судов с максимальной взлетной массой от 0,15 килограмма до 30 килограммов, сверхлегких пилотируемых гражданских воздушных судов с массой конструкции 115 килограммов и менее, ввезенных в Российскую Федерацию или произведенных в Российской Федерации» от 25.05.2019 № 658 (с изм. и допол. в ред. от 16.01.2026).

22. ГОСТ Р 2.810-2023 «Единая система конструкторской документации. Электронный макет изделия. Общие требования»; ГОСТ 32912-2014 «Хмелепродукты. Общие технические условия» // Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта). URL: https://www.gost.ru/ (дата обращения: 27.12.2025).

References

1. Decree of the President of the Russian Federation of July 2, 2021 No. 400 "On the National Security Strategy of the Russian Federation". Official website of the President of the Russian Federation. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/47046 (accessed: 25.12.2025).

2. Decree of the President of the Russian Federation of January 21, 2020 No. 20 "On Approval of the Doctrine of Food Security of the Russian Federation." Official website of the President of the Russian Federation. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106 (accessed: 25.12.2025).

3. Mentyukova, O. V. (2023). Digitalization of agriculture. *Regional problems of sustainable development of the agro-industrial complex in the context of digital transformation*. Penza: PGAU, 46-49. EDN: OYCDSS (in Russian).

4. Mursyaev, D. M. & Badov, V. D. (2024). Digital solutions for agriculture. *Initiatives of the young - for science and production*. Penza: PGAU, 1113-1117. EDN: YFSDWV (in Russian).

5. Kirilov, M. N. & Mitin, S. G. (2024). Regional problems of digital development of agriculture. *Bulletin of NGIEI*. 3(154). 98-106. DOI: 10.24412/2227-9407-2024-3-98-106 EDN: VXYIXQ (in Russian).

6. Izvekova, E. V., Merkulova, E. G., & Kamineva, S. A. (2025). Vectors of development of the food industry within the framework of the implementation of the bioeconomy strategy. *Health-saving technologies in higher education institutions: status and development prospects*. Orel: Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 58-63. DOI: 10.36683/FP-20/85-88 EDN: FBNHZK (in Russian).

7. Klychova, G., Zakirova, A., Valiev, A., Yusupova, A. F., & Husainova, A. S. (2021). Increasing the efficiency of the crop management system based on digital technologies. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*, *16*(3), 121-127. DOI: 10.12737/2073-0462-2021-121-127 EDN: QKGBTS. (in Russian).

8. Khorobrykh, A. (2021). Digitalization of the agro-industrial complex: current state and development prospects. *Standards and quality*. 7. 62-65. EDN: CUXFUR (in Russian).

9. Abiri, R., Rizan, N., Balasundram, S. K., Shahbazi, A. B., & Abdul-Hamid, H. (2023). Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. *Heliyon*. 9, 12. e22601. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e22601 EDN: URJVNN

10. Efimova, L. S. & Tropynina, N. E. (2021). Features of the analysis and development trends of the information technology market. *Innovative economy: prospects for development and improvement*. 1 (51). 33-39. DOI: 10.47581/2021/FA-07/IE/51/01.005 EDN: HVIZYZ (in Russian).

11. Kravchenko, L. A. & Pankov, D. A. (2020). Digital economy – interim results and further prospects. *Digital economy and finance*. Under the scientific editorship of E. A. Sintsova [and others]. St. Petersburg: Asterion, 40-43. EDN: UXKOCQ (in Russian).

12. Pokrovskaya, O. D. (2019). Digitalization of the transport industry. *Transport: science, technology, management. Scientific information collection*. 12. 3-7. DOI: 10.36535/0236-1914-2019-12-1 EDN: WEYNNH (in Russian).

13. Gulyi, I., & Kazanskaya, L. (2023). Creation of supply chains for the delivery of agricultural products and food along the Eurasian transport corridors. In *E3S Web of Conferences.* Vol. 462, 01029. EDP Sciences. DOI: 10.1051/e3sconf/202346201029 EDN: PFKFCX

14. Drozdova, M. A., Fursova, E. A., & Tropynina, N. E. (2025). Strategic development of the national ecosystem: the concept of digital sovereignty in the VUCA world. *Economics of sustainable development*. 4 (64). 314-318. EDN: IASGKJ (in Russian).

15. Pokrovskaya, O. D., Moroz, Yu. A., & Melikov, M. I. (2023). Transformation of the transport services market in Russia under international sanctions. *International Journal of Advanced Studies*. 13, 1. 197-211. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-1-197-211 EDN: UQQEZZ (in Russian).

16. Fursova, E. A. (2021). "Drones": Technologies for Digital Transformation and Ecologization of the Economy and Management. *Innovative Approaches to the Development of Economy and Management in the 21st Century*. St. Petersburg: PGUPS, 168-173. EDN: OOXZLU (in Russian).

17. Official website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Section "Regional News". Retrieved from file: https://mcx.gov.ru/press-service/regions/chuvashiya-planiruet-privlech-bolee-9-mlrd-rubley-investitsiy-v-razvitie-khmelevodstva-za-5-let/ (accessed: 26.12.2025).

18. Hop yield statistics in the Russian Federation for 2024 // Federal State Information System for Traceability of Grain and Grain Processing Products (FGIS "Grain") Retrieved from file: https://zerno.mcx.gov.ru (accessed: 26.12.2025).

19. Digital technologies for the food industry: trends for 2025 // RBC PRO Retrieved from file: https://companies.rbc.ru/news/LPfhjlJzFx/tsifrovyie-tehnologii-dlya-pischevoj-promyishlennosti-trendyi-2025-goda/?ysclid=mv2shj-tabn927585043&utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (accessed: 27.12.2025).

20. Digital Transformation of Brewing. *ETprotein - China's Leading Protein Factory*. Retrieved from file: https://www.etprotein.com (accessed: 27.12.2025).

21. Resolution of the Government of the Russian Federation “On approval of the Rules for state registration of unmanned civil aircraft with a maximum take-off weight from 0.15 kilograms to 30 kilograms, ultra-light manned civil aircraft with a structural weight of 115 kilograms or less, imported into the Russian Federation or produced in the Russian Federation" dated 05/25/2019 No. 658 (as amended and supplemented on 01/16/2026).

22. GOST R 2.810-2023 "Unified System for Design Documentation. Electronic Product Mock-up. General Requirements"; GOST 32912-2014 "Hop Products. General Specifications" // Official website of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Rosstandart). Retrieved from file: https://www.gost.ru/ (accessed: 04.05.2026). (accessed: 27.12.2025).

Информация об авторах:

Ксения Владимировна Рассказова, магистр экономики;
ID: https://orcid.org/0009-0005-7472-7055; krasskazova5230@mail.ru

Наталья Евгеньевна Тропынина, кандидат экономических наук, доцент;
ID: https://orcid.org/0000-0001-8894-6906; natalya_e@mail.ru

Елена Алексеевна Фурсова✉, кандидат экономических наук, доцент;
ID: https://orcid.org/0000-0002-0373-2712; fursovaelena@rambler.ru

Information about the authors:

Ksenia V. Rasskazova, Master of Economics;
ID: https://orcid.org/0009-0005-7472-7055; krasskazova5230@mail.ru

Natalya E. Tropynina, Candidate in Economics, Associate Professor;
ID: https://orcid.org/0000-0001-8894-6906; natalya_e@mail.ru

Elena A. Fursova✉, Candidate in Economics, Associate Professor;
ID: https://orcid.org/0000-0002-0373-2712; fursovaelena@rambler.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 11.08.2026; одобрена после рецензирования 14.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 11.08.2026; approved after reviewing 14.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 636.2.034
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-69-75

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ У ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ

А. А. Ратцева[1], М. Х. Баймишев[1]✉
[1] Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.

Резюме. *В статье представлены результаты исследований, посвящённых применению кормовой добавки на основе гуминовых кислот «Реасил Гумик Хеалс», а также оценке её влияния на профилактику родовых и послеродовых осложнений, показатели молочной продуктивности и отдельные качественные характеристики молока, в условиях производственного опыта. Установлено, что включение данной кормовой добавки в рационы сухостойных и лактирующих коров в период раздоя при силосно-сенажно-концентратном типе кормления оказывает положительное воздействие на процессы пищеварения, что обусловлено образованием в желудочно-кишечном тракте биологически активных комплексов. Использование кормовой добавки, содержащей гуминовые кислоты, в рационах высокопродуктивных коров в период сухостоя и до достижения пика лактации способствовало улучшению репродуктивных показателей животных опытной группы. У опытных коров сократился период завершения инволюции матки на 6,20 суток, а продолжительность срока плодотворного осеменения – на 25,50 суток, в сравнении с контролем. Кроме того, отмечено положительное влияние добавки на уровень молочной продуктивности и санитарно-гигиенические показатели молока к пику лактации. Применение кормовой добавки способствовало увеличению удоя на 345,05 кг за 90 суток лактации, снижению содержания соматических клеток на 237,92 тыс./см³, повышению плотности молока на 3,43 кг/м³ и снижению частоты выявления мастита. Расчёт экономической эффективности применения кормовой добавки на основе гуминовых кислот в рационах сухостойных и дойных коров в дозировках 80 и 100 г на голову в сутки показал её производственную эффективность и практическую целесообразность. Использование добавки позволило предотвратить экономический ущерб, связанный с недополучением телят и молочной продукции, в размере 26 891,77 руб. в расчёте на одну корову опытной группы.*

Ключевые слова: гуминовые кислоты, кормовая добавка, сухостойный период, высокопродуктивные коровы, лактация, молочная продуктивность, репродуктивные показатели

Для цитирования: Ратцева А. А., Баймишев М. Х. Производственная эффективность применения кормовой добавки на основе гуминовых кислот у высокопродуктивных коров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 69-75 DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-69-75

Original article

THE PRODUCTION EFFICIENCY OF USING A HUMIC ACID-BASED FEED ADDITIVE IN HIGH-YIELDING COWS

A. A. Rattseva[1], M. Kh. Baimishev[1]✉
[1] Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia.

Abstract. The article presents the results of the research on the use of the humic acid-based feed additive "Reasil Humic Health" and the evaluation of its impact on the prevention of birth and postpartum complications, milk productivity indicators, and selected milk quality characteristics under farm trial conditions. It was found that the inclusion of this feed additive in the diets of dry and lactating cows during the milking period with silage-haylage-concentrate feeding has a positive effect on digestion processes, which is due to the formation of biologically active complexes in the gastrointestinal tract. The use of a feed additive containing humic acids in the diets of high-yielding cows during the dry period and until peak lactation contributed to the improvement of reproductive performance of animals in the experimental group. In the experimental cows, the period of completion of uterine involution was reduced by 6.20 days, and the duration of fruitful insemination was reduced by 25.50 days, compared to the control group. Furthermore, a positive effect of the supplement on milk productivity and milk hygiene parameters at peak lactation was noted. The use of the feed supplement contributed to an increase in milk yield by 345.05 kg over 90 days of lactation, a decrease in the somatic cell count by 237.920 thous/cm³, an increase in milk density by 3.43 kg/m³, and a reduction in the incidence of mastitis. Calculation of the economic efficiency of using a humic acid-based supplement in the diets of dry and lactating cows at dosages of 80 and 100 g per head per day demonstrated its production effectiveness and practical feasibility. The use of the supplement prevented economic losses associated with the loss of calves and dairy products in the amount of 26.891.77 rubles per cow in the experimental group.

© Ратцева А. А., Баймишев М. Х., 2026

Keywords: humic acids, feed additive, dry period, high-yielding cows, lactation, milk productivity, reproductive indicators

For citation: Rattseva, A. A. & Baimishev, M. Kh. (2026). The production efficiency of using a humic acid-based feed additive in high-yielding cows. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4, 69-75. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-69-75 (in Russian).

Введение. В современных социально-экономических условиях Российской Федерации отрасль скотоводства характеризуется активным развитием и совершенствованием производственных процессов. Наблюдается внедрение более эффективных технологий содержания животных, заготовки, подготовки и использования кормов. Одним из ключевых факторов повышения биологической доступности и полноценности питательных веществ, поступающих в организм с рационом, является оптимизация соотношения энергии, протеина, макро- и микроэлементов [1, 2, 3].

Минеральные вещества играют важную роль в обеспечении нормального течения практически всех физиологических и биохимических процессов в организме сельскохозяйственных животных. Они принимают участие в регуляции обмена веществ, синтезе ферментов и гормональных соединений, а также в процессах образования молока. При увеличении уровня продуктивности коров возрастает необходимость более точного и сбалансированного нормирования рационов с учётом современных детализированных требований к кормлению. Недостаточное поступление даже одного из жизненно необходимых минеральных элементов способно привести к нарушениям физиологического состояния животных, снижению молочной продуктивности в течение лактации и, как следствие, сокращению продолжительности хозяйственного использования коров [3, 4].

Гуминовые препараты, получаемые из разнообразного природного сырья, на протяжении длительного времени применяются в различных направлениях животноводства и растениеводства. Гуминовые кислоты представляют собой основной компонент, определяющий биологическую активность кормовых добавок, получаемых на основе торфа. В их составе присутствуют аминокислоты, полисахариды и бензоидные структурные фрагменты, благодаря чему они оказывают комплексное воздействие на организм животных. Гуминовые соединения способны стимулировать процессы фагоцитоза и активировать механизмы неспецифической защиты, оказывать мембранотропное действие, усиливать интенсивность обменных процессов и повышать устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Кроме того, для гуминовых кислот характерны комплексообразующие свойства, а также выраженные противовоспалительный, иммуномодулирующий, антигипоксантный и антиоксидантный эффекты, что определяет перспективность их применения в качестве биологически активного компонента кормовых средств, а результаты многочисленных исследований свидетельствуют о перспективности дальнейшего изучения механизмов действия и возможностей применения гуминовых соединений в кормлении сельскохозяйственных животных [5, 6, 7, 14].

Цель исследований – изучить влияние кормовой добавки на основе гуминовых кислот на воспроизводительную функцию, молочную продуктивность и санитарные показатели молока высокопродуктивных коров в производственных условиях.

Задачи исследований – изучить течение родового, послеродового периодов и восстановление воспроизводительной функции у высокопродуктивных коров в производственных условиях; показатели их молочной продуктивности и санитарно-гигиенические характеристики получаемого молока, на фоне применения кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс» в составе рациона, в течение периода сухостоя и до пика лактации.

Материал и методы исследований. Экспериментальное исследование по оценке влияния кормовой добавки на основе гуминовых кислот «Реасил Гумик Хеалс» на физиологическое состояние и продуктивные показатели высокопродуктивных коров черно-пестрой породы и их голштинизированных помесей проводилось в производственных условиях молочного комплекса СПК «Красная Звезда». На подготовительном этапе производственного опыта было сформировано поголовье из 200 сухостойных коров, которых методом сбалансированных групп распределили на две группы численностью по 100 животных в каждой. Продолжительность экспериментального периода составила 150 суток, в том числе 60 суток сухостойного периода и 90 суток периода раздоя до достижения пика лактации. Схема проведения опыта приведена в таблице 1.

Животные контрольной и опытной групп содержались в аналогичных условиях и получали одинаковый основной рацион. При этом коровам опытной группы дополнительно скармливали кормовую добавку на основе гуминовых кислот «Реасил Гумик Хеалс» из расчета 80,0 г на голову в сутки в течение сухостойного периода и 100,0 г на голову в сутки в период раздоя. В состав основного рациона входили солома, зерносмесь, подсолнечный шрот, трау-премикс для крупного рогатого скота, поваренная соль, кукурузный и травяной силос. В соответствии со структурой рациона тип кормления животных в период проведения исследований был определен как силосно-сенажно-концентратный.

Таблица 1

Схема эксперимента

Группа животных	Физиологический период	Количество животных, гол	Продолжительность эксперимента, дн	Кормление животных
Контрольная	Сухостой	100	60	Основной рацион
	Раздой		90	
Опытная	Сухостой	100	60	Основной рацион + кормовая добавка «Реасил Гумик Хеалс» 80,0 гр на 1 голову в сутки
	Раздой		90	Основной рацион + кормовая добавка «Реасил Гумик Хеалс» 100,0 гр на 1 голову в сутки

В течение всего производственного опыта осуществляли систематический клинический осмотр животных обеих групп. При этом проводили оценку динамики основных показателей жизнедеятельности в зависимости от физиологического состояния коров в предродовой и послеродовой периоды. В ходе родов и в течение послеродового периода исследовали течение родового акта, частоту возникновения и характер патологий, а также сроки восстановления репродуктивной функции животных.

В период проведения контрольных доек у коров отбирали средние пробы молока, по результатам исследования которых определяли величину удоя за первые 90 суток лактации, содержание соматических клеток, плотность молока, а также выявляли наличие и распространенность различных форм мастита. Санитарно-гигиеническую оценку молока, полученного от дойных коров, осуществляли с использованием классических общепринятых методов исследования.

Полученные в ходе экспериментальной работы результаты подвергали статистической обработке с применением методов математической статистики, что позволило провести объективную оценку выявленных различий между исследуемыми группами животных.

Результаты исследований. Гуминовые вещества, занимающие основную массу кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс», рассматриваются как перспективные биологически активные компоненты рационов сельскохозяйственных животных, способные оказывать положительное влияние на состояние пищеварительной системы, антиоксидантный статус, иммунную реактивность и эффективность использования питательных веществ. У жвачных животных их применение может сопровождаться изменениями показателей энергетического и липидного обмена [7, 8, 9, 10].

Особое значение данные эффекты могут приобретать у высокопродуктивных коров в переходный период, когда вследствие возрастания энергетических потребностей организма после отела развивается отрицательный энергетический баланс. Нарушения энергетического и липидного обмена в данный период способны оказывать неблагоприятное воздействие на иммунную и репродуктивную функции животных. Многими исследователями доказано, что метаболические сдвиги связаны с функционированием гипоталамо-гипофизарно-яичниковой системы, фолликулогенезом, стероидогенезом, функцией желтого тела и качеством ооцитов [6, 8, 9]. Результаты применения гуминовых кислот в составе кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс» и ее влияние на репродуктивные показатели коров представлены в таблице 2.

Таблица 2

Репродуктивные показатели исследуемых групп коров (M±m; n=100)

Показатель	Группа животных	
	контрольная	опытная
Продолжительность родов всего, ч	16,60±1,15	12,88±0,21
Стадия выведения последа, ч	8,95±0,27	6,15±0,31**
Проявление патологий родового и послеродового периода, % в т.ч. задержание последа субинволюция матки острый гнойный катаральный эндометрит	 20,00 39,00 20,00	 12,00 12,00 -
Инволюция матки, дней	45,14±2,10	38,94±1,83
Всего осеменилось, %	68,00	84,00
Индекс оплодотворения	2,86±0,40	1,72±0,30
Продолжительность срока плодотворного осеменения, дней	149,22±2,18	123,72±1,62**

Примечание: – P≤0,05, – P≤0,01**, – P≤0,001*** по сравнению с контрольной группой животных.*

Включение кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс» в рационы высокопродуктивных коров в периоды сухостоя и раздоя сопровождалось более благоприятным течением родового и послеродового периодов. В частности, частота задержания последа у животных контрольной группы была на 8% выше по сравнению с опытной группой. Субинволюция матки в опытной группе была выявлена у 12% животных, что на 27% ниже соответствующего показателя контрольной группы. Острый гнойно-катаральный эндометрит в послеродовой период диагностирован у 20% коров контрольной группы, тогда как у животных опытной группы данная патология не выявлена.

Установлено, что у коров опытной группы процесс инволюции матки завершался в среднем на 38,94-е сутки после отела, что на 6,20 суток раньше по сравнению с животными контрольной группы. Доля животных, у которых было установлено результативное осеменение, в опытной группе составила 84%, тогда как в контрольной группе – 68%, что свидетельствует о более высокой эффективности воспроизводства у животных, получавших кормовую добавку.

Индекс оплодотворения у коров опытной группы составил 1,72 и был на 1,14 ниже, чем в контрольной группе. Продолжительность периода от начала осеменения до результативного осеменения у животных контрольной группы превышала аналогичный показатель животных опытной группы на 25,50 суток.

Гуминовые вещества способны модифицировать условия протекания рубцовой ферментации и оказывать влияние на функциональную активность микробного сообщества, что может сопровождаться изменением характера образования летучих жирных кислот и повышением переваримости отдельных питательных веществ. Более эффективное использование питательных веществ рациона имеет существенное значение для высокопродуктивных коров, поскольку обеспечивает поступление в организм необходимого количества энергии и пластических субстратов для поддержания жизнедеятельности, синтеза молока и восстановления физиологических функций [11-14]. Оценка уровня молочной продуктивности и санитарных показателей молока под влиянием применения кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс» в период раздоя представлена в таблице 3.

Таблица 3

Молочная продуктивность и санитарные показатели молока коров к пику лактации (M±m; n=100)

Показатель	Группа животных	
	контрольная	подопытная
Удой молока за 90 дней лактации, кг	2296,85±8,11	2641,90±9,62**
Содержание соматических клеток, тыс/см^3	473,16±18,03	235,24±19,56**
Плотность, кг/м^3	1025,40±0,10	1028,83±0,12***
Реакция на субклинический мастит, %:		
положительная	28,00	8,00
сомнительная	35,00	21,00
отрицательная	37,00	71,00
Клинические формы мастита, %		
серозный мастит	11,00	1,00
катаральный мастит	2,00	1,00

Примечание: – P≤0,05, – P≤0,01**, – P≤0,001*** по сравнению с контрольной группой животных.*

Применение исследуемой кормовой добавки сопровождалось повышением молочной продуктивности, снижением содержания соматических клеток в молоке, увеличением его плотности и уменьшением частоты выявления положительных и сомнительных реакций при проведении контроля состояния молочной железы, а также клинических форм мастита.

За первые 90 дней лактации удой молока у коров опытной группы составил 2641,90 кг, превысив соответствующий показатель контрольной группы на 345,05 кг.

К пику лактации содержание соматических клеток в молоке коров контрольной группы достигало 473,16 тыс./см^3, что на 237,92 тыс./см^3 выше аналогичного показателя опытной группы. При этом у животных опытной группы на фоне снижения количества соматических клеток отмечалось повышение плотности молока, которая к пику лактации составила 1028,83 кг/м^3 и превышала показатель контрольной группы на 3,43 кг/м^3.

Положительная реакция при проведении исследования с использованием системы «Кенотест» в контрольной группе была установлена в 28,00% случаев, тогда как сомнительная реакция регистрировалась в 35,00% исследований. По сравнению с опытной группой данные показатели были выше на 20,00 и 14,00 процентных пунктов соответственно. Клинические формы мастита к 90-у дню после отела в контрольной группе диагностировались у 13,00% животных, что на 11,00% превышало соответствующий показатель опытной группы.

По завершении производственного опыта была проведена оценка экономической эффективности применения кормовой добавки на основе гуминовых кислот в рационах сухостойных и дойных коров. Расчет экономической эффективности осуществляли с учетом затрат на кормление животных, включая стоимость израсходованных

кормов и использованной кормовой добавки, а также стоимости полученной продукции за период проведения опыта приведён в таблице 4. При проведении расчетов дополнительно использовалась информация о минимальном количестве недополученного молока за день бесплодия, рыночная цена реализации молока, коэффициенты для расчета стоимости теленка, индекс осеменения, стоимость спермодозы, и цена за 1 кг кормовой добавки.

Анализ экономической эффективности применения кормовой добавки на основе гуминовых кислот в рационах высокопродуктивных коров в дозировке 80,0 г на голову в сутки в период сухостоя и 100,0 г на голову в сутки в период раздоя свидетельствует о целесообразности ее использования в системе кормления животных. Введение добавки сопровождалось повышением продуктивности коров и позволило снизить величину предотвращенного ущерба в расчете на одну голову с учетом затрат на приобретение кормовой добавки, которые составили 26 891,77 руб.

Таблица 4

Экономическое обоснование результатов исследований

Показатель	Группа животных	
	контрольная	опытная
Количество дней бесплодия	11 940	10 332
Ущерб от недополученного молока, руб.	1 731 300,00	1 498 140,00
Ущерб от недополученных телят, руб.	396 775,10	343 383,20
Затраты на осеменение, руб.	308 950,00	203 500,00
Сумма ущерба от недополученного молока, приплода и затрат на осеменение, руб.	2 437 025,10	2 045 023,20
Предотвращенный ущерб по группе, руб.	3 032 374,90	3 424 376,80
Затраты на закупку кормовой добавки, руб.	-	7 452,00
Предотвращенный ущерб в расчете на 1 голову, с учетом затрат на приобретение кормовой добавки, руб.	-	26 891,77
Экономическая эффективность на 1 рубль затрат, руб.	-	1,13

Результаты проведенных экономических расчетов подтверждают эффективность применения кормовой добавки на основе гуминовых кислот в рационах высокопродуктивных коров и свидетельствуют о целесообразности ее использования в условиях промышленного молочного производства.

Заключение. Проведенные исследования свидетельствуют о положительном влиянии кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс» на основе гуминовых веществ на физиологическое состояние, воспроизводительную функцию и молочную продуктивность высокопродуктивных коров. Применение добавки в дозировке 80,0 г на голову в сутки в период сухостоя и 100,0 г на голову в сутки в период раздоя сопровождалось более благоприятным течением родового и послеродового периодов, снижением частоты возникновения репродуктивных патологий и ускорением восстановления репродуктивной функции животных.

Установлено, что у коров, получавших кормовую добавку, завершение инволюции матки происходило на 6,20 суток раньше, доля результативно осемененных животных была выше на 16,0%, а индекс оплодотворения снижался на 1,14 по сравнению с контрольной группой. При этом продолжительность периода до результативного осеменения сокращалась на 25,50 суток, что свидетельствует об улучшении воспроизводительных показателей животных.

Использование кормовой добавки также сопровождалось повышением молочной продуктивности. За первые 90 суток лактации удой коров опытной группы составил 2641,90 кг, что на 345,05 кг превышало показатель контрольных животных. Одновременно отмечено улучшение отдельных показателей качества и санитарного состояния молока: содержание соматических клеток снизилось на 237,92 тыс./см³, плотность молока увеличилась на 3,43 кг/м³, а частота выявления положительных и сомнительных реакций при контроле состояния молочной железы и клинических форм мастита была ниже по сравнению с контрольной группой.

Расчет экономической эффективности подтвердил целесообразность применения «Реасил Гумик Хеалс» в системе кормления высокопродуктивных коров на производстве. С учетом затрат на кормовую добавку, стоимости полученной продукции, показателей воспроизводства и предотвращенного экономического ущерба ее использование характеризовалось положительным экономическим эффектом.

Полученные результаты позволяют предположить, что положительное действие кормовой добавки связано с комплексным влиянием гуминовых веществ на процессы пищеварения, рубцовую ферментацию, использование питательных веществ и метаболическую адаптацию животных в переходный период. Оптимизация обменных процессов у высокопродуктивных коров может создавать предпосылки для более эффективного восстановления репродуктивной функции после отела и реализации продуктивного потенциала животных.

Список источников

1. Абрамкова Н. В. Организация кормления коров с целью получения высокой продуктивности // Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности. 2017. С. 14-16. EDN: YONPNU

2. Дуборезов В. Кормление молочных коров по детализированным нормам // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 4. С. 52-54. DOI: 10.33943/MMS.2020.19.15.009 EDN: ZHFBNW

3. Племяшов К. В. Воспроизводительная функция у высокопродуктивных коров при нарушении обмена веществ и её коррекция : дис. ... канд. наук : 06.02.06 // Санкт-Петербург, 2010. 358 с. EDN: QFFENV

4. Косолапов В. М., Чуйков В. А., Худякова Х. К. [и др.] Минеральные элементы в кормах и методы их анализа : монография. Москва : ООО «Угрешская типография», 2019. 272 с. DOI: 10.33814/monography_1654 ISBN: 978-5-91850-037-8 EDN: XJCOYG

5. Кочнева Е. В., Папушина Т. В., Механикова М. В. Роль гуматов в питании сельскохозяйственных животных // Научные разработки и инновации в решении приоритетных задач современной зоотехнии. 2022. С. 110-113. EDN: LINWTH

6. Васильев А. А. Корсаков К. В., Кузнецов М. Ю. [и др.]. Мировой опыт использования гуминовых кислот. Москва : Научный парк МГУ, 2020. 76 с. ISBN: 978500140546 EDN: RXDBIF

7. Бузлама А. В., Чернов Ю. Н. Анализ фармакологических свойств, механизмов действия и перспектив применения гуминовых веществ в медицине // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2010. Т. 73, № 9. С. 43-48. EDN: TNKBAB

8. Кветковская А. В., Надаринская М. А., Заяц В. Н. [и др.] Компенсаторное влияние гуминовых препаратов на белковый обмен высокопродуктивных коров // Зоотехническая наука Беларуси. 2010. Т. 45, № 2. С. 104-112. EDN: WAXGIP

9. Степченко Л. М. Роль гуминовых препаратов в управлении обменными процессами при формировании биологической продукции сельскохозяйственных животных // Достижения и перспективы использования гуминовых веществ в сельском хозяйстве : сборник. Днепропетровск, 2008 С. 70-74.

10. Wang Q., Chen Y. J., Yoo J. S., Kim H. J., Cho J. H., Kim I. H. Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs // Livestock Science, 2008. Vol. 117, Issues 2-3. Pp. 270-274. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.12.024

11. Фенченко Н. Г. Научно-практическое обоснование применения биорегуляторов для повышения воспроизводительных и продуктивных качеств крупного рогатого скота : дис. ... канд. наук // Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, 2023. 285 с.

12. Багманов М. А., Терентьева Н. Ю., Сафиуллов Р. Н. Терапия и профилактика патологии органов размножения и молочной железы у коров : монография. Казань, 2012. EDN: TGMAFH

13. Bezuglova O., Klimenko A. Application of humic substances in agricultural industry // Agronomy. 2022. Т. 12, № 3. С. 584. DOI: 10.3390/agronomy12030584 EDN: YENWQC

14. Ратцева А. А., Баймишев М. Х. Морфологические показатели крови коров при скармливании кормовой добавки «Реасил Гумик Хеалс» // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т 10. № 2. С. 81-86. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-2-81-86 EDN: TTZIWZ

References

1. Abramkova, N. V. (2017). Organization of cow feeding to achieve high. *Food Security: from Dependence to Independence*. 14-16. EDN: YONPNU (in Russian).

2. Duborezov, V. (2020). Feeding dairy cows according to detailed standards. *Dairy and beef cattle breeding*. 4. 52-54. DOI: 10.33943/MMS.2020.19.15.009 EDN: ZHFBNW (in Russian).

3. Plemyashov, K. V. (2010). Reproductive function in highly productive cows with metabolic disorders and its correction : dis. ... Candidate of Sciences : 02/06/06. Saint Petersburg. 358. EDN: QFFENV (in Russian).

4. Kosolapov, V. M. Chuikov, V. A., Khudyakova, Kh. K. & et al. (2019). Mineral elements in feed and methods of their analysis: a *monograph.* Moscow: LLC “Ugreshskaya Printing House”. 272. DOI: 10.33814/monography_1654 ISBN: 978-5-91850-037-8 EDN: XJCOYG (in Russian).

5. Kochneva, E. V., Papushina, T. V. & Mekhanikova, M. V. (2022). The Role of Humates in the Feeding of Agricultural Animals. *Scientific Developments and Innovations in Addressing Priority Tasks of Modern Zootechnics*. 110-113. EDN: LINWTH (in Russian).

6. Vasiliev, A. A., Korsakov, K. V., Kuznetsov, M. Yu. & et al. (2020). World experience in the use of humic acids. Moscow: Science Park of Moscow State University. 76. ISBN: 978500140546 EDN: RXDBIF (in Russian).

7. Buzlama, A. V. & Chernov, Yu. N. (2010). Analysis of pharmacological properties, mechanisms of action and prospects for the use of humic substances in medicine. *Experimental and clinical pharmacology*. 73, 9. 43-48. EDN: TNKBAB (in Russian).

8. Kvetkovskaya, A. V., Nadarinskaya, M. A., Zayats, V. N. & et al. (2010). Compensatory effect of humic preparations on protein metabolism of highly productive cows. *Zootechnical science of Belarus*. 45, 2. 104-112. EDN: WAXGIP (in Russian).

9. Stepchenko, L. M. (2008). The role of humic preparations in managing metabolic processes in the formation of biological products of farm animals. *Achievements and prospects of using humic substances in agriculture : collection*. Dnepropetrovsk. 70-74. (in Russian).

10. Wang, Q., Chen, Y. J., Yoo, J. S., Kim, H. J., Cho, J. H. & Kim, I. H. (2008). Effects of supplemental humic substances on growth performance, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science*. 117, 2-3. 270-274. DOI: 10.1016/j.livsci.2007.12.024

11. Fenchenko, N. G. (2023). Scientific and practical substantiation of the use of bioregulators to improve the reproductive and productive qualities of cattle: diss. ... Cand. Sciences. Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. 285. (in Russian).

12. Bagmanov, M. A., Terentyeva, N. Yu. & Safiullov, R. N. (2012). Therapy and prevention of reproductive organ and mammary gland pathologies in cows: *monograph*. Kazan. EDN: TGMAFH (in Russian).

13. Bezuglova, O. & Klimenko, A. (2022). Application of humic substances in agricultural industry. *Agronomy*. 12, 3. 584. DOI: 10.3390/agronomy12030584 EDN: YENWQC

14. Ratseva, A. A. & Baymishev, M. Kh. (2025). Morphological parameters of cows blood when feeding the feed additive "Reasil Gumic Heals". *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy).* 10, 2, 81-86. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-2-81-86 EDN: TTZIWZ (In Russian).

Информация об авторах:

Арина АлексеевнаРатцева, кандидат ветеринарных наук, преподаватель;

ID: http://orcid.org/0000-0002-4300-6440, e-mail: andreevarina@yandex.ru

Мурат Хамидуллович Баймишев✉, доктор ветеринарных наук, профессор;

ID: http://orcid.org/0000-0003-1944-5651, e-mail: baimishev_m@mail.ru

Information about the authors:

Arina A. Rattseva, Candidate of Veterinary Sciences, Teacher;

ID: http://orcid.org/0000-0002-4300-6440, e-mail: andreevarina@yandex.ru

Murat Kh. Baimishev✉, Doctor of Veterinary Sciences, Professor;

ID: http://orcid.org/0000-0003-1944-5651, e-mail: baimishev_m@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 31.08.2026; одобрена после рецензирования 18.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 31.08.2026; approved after reviewing18.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 636.2.033
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-76-82

ВЛИЯНИЕ ТИПА ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКАРМЛИВАНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В АСПЕКТЕ ВОСПРОИЗВОДСТВА

Ю. Я. Кравайнис[1], Р. С. Кравайне[1], В. С. Шкрабак[2]✉, Р. В. Шкрабак[2]
[1] Ярославский НИИЖК-филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р.Вильямса», Ярославль, Россия.
[2] Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Россия.

Резюме. *Изучены показатели воспроизводства, здоровье, сохранность коров разных типов ВНД при скармливании кормовой добавки «Жмых расторопши», и рост полученного от них молодняка до 6-месячного возраста. Установлено, что в зависимости от типа ВНД эффективность скармливания кормовой добавки «Жмых расторопши» на показатели воспроизводства была не одинаковой. В подгруппах каждого типа ВНД, получавших кормовую добавку «Жмых расторопши», по сравнению с аналогами сервис период был менее продолжительным. В контрольной подгруппе СУП типа сервис период не превышал 40 суток у 60% коров, 41-60 суток у 40% коров, в опытной – 40 суток у 100% коров. В контрольной подгруппе СУИН типа сервис период не превышал 40 суток у 50% коров, 41-60 суток у 50% коров, в опытной – 40 суток у 100% коров. В контрольной подгруппе СНУ типа сервис период не превышал 40 суток у 20% коров, 41-60 суток у 30% коров, 61-80 суток у 50% коров; в опытной – 40 суток у 40% коров, 41-60 суток у 40% коров, 61-80 суток у 20% коров. В контрольной подгруппе СЛ типа до 40 суток все коровы не были осеменены, т.к. охота или не проявлялась, или была не полноценной. Сервис период не превышал 41-60 суток у 30% коров, 61-80 суток у 50% коров, 81-100 суток у 20% коров; в опытной – не превышал 40 суток у 20% коров, 41-60 суток у 40% коров, 61-80 суток у 40% коров. Соответственно индекс осеменения был меньше у коров получавших кормовую добавку «Жмых расторопши» и составлял в контрольной подгруппе СУП типа 1,40, в опытной 1,00; в контрольной подгруппе СУИН типа – 1,50, в опытной 1,00; в контрольной подгруппе СНУ типа 3,10, в опытной – 2,40; в контрольной подгруппе СЛ типа 3,90 в опытной 3,00. Продолжительность стельности в опытных подгруппа была короче, чем в контрольных: в группе СУП типа на 5,1 суток, в группе СУИН типа на 4,8 суток, в группе СНУ типа на 2,2 суток, в группе СЛ типа на 1,9 суток. Клинически выраженной патологии в подгруппах СУП и СУИН типа не зарегистрировано. В контрольных подгруппах СНУ типа и СЛ типа у 2-х коров в течение 1-2 месяца после отёла зарегистрирован гастроэнтеральный синдром. Сохранность коров во всех группах составляла 100 %. Живая масса телят, полученных от коров СУП типа по сравнению с аналогами в 6 месяцев, была больше на 17,5 кг, СУИН типа на 16,1 кг, СНУ типа 14,7 кг; СЛ типа на 11,3 кг, и составляла 169,7±1,16 кг, 164,1± 1,59 кг, 156,7±2,22 кг, 149,3±3,01кг, соответственно. Валовой прирост в 6 месяцев у телят, полученных от коров СУП типа по сравнению с аналогами в 6 месяцев, был больше на 17,0 кг (14,2%); от коров СУИН типа на 15,9 кг (13,8%); от коров СНУ типа 14,3 кг (13,1%); от коров СЛ типа на 10,9 кг (10,3%). В результате исследований выявлено, что эффективность скармливаемой кормовой добавки «Жмых расторопши» связана с типами ВНД, и реализован один из резервов повышения эффективности отрасли скотоводства.*

Ключевые слова: коровы, тип ВНД, кормовая добавка «Жмых расторопши», сервис-период, индекс осеменения, стельность, здоровье, сохранность, качество приплода, телята, живая масса

Для цитирования: Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С., Шкрабак В. С., Шкрабак Р. В. Влияние типа высшей нервной деятельности коров на эффективность скармливания кормовой добавки в аспекте воспроизводства // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 76-82 DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-76-82

Original article

INFLUENCE OF THE TYPE OF HIGHER NERVOUS ACTIVITY OF COWS ON THE EFFICIENCY OF FEEDING THE FEED ADDITIVE IN TERMS OF REPRODUCTION

Yu. Ya. Kravainis[1], R. S. Kravaine[1], V. S. Shkrabak[2]✉, R. V. Shkrabak[2]
[1] Yaroslavl Scientific Research Institute of Housing and Housing Complex-branch of the Federal Scientific Center "VIK im. V. R. Williams", Yaroslavl, Russia.
[2] St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia.

Abstract. The reproductive performance indicators, health, and survival rates of cows with different types of higher nervous activity (HNA) were studied when fed the feed supplement “Milk Thistle Cake,” as well as the growth of their offspring up to six months of age. It was found that depending on the type of HNA, the effectiveness of feeding the feed supplement varied among the groups. In each sub-group receiving the feed supplement, compared to controls, the service period was shorter. Specifically:-For the SUP type control

© Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С., Шкрабак В.С., Шкрабак Р. В., 2026

subgroup, the service period did not exceed 40 days for 60% of cows, and 41-60 days for 40%; in the experimental group, it was within 40 days for all cows.-For the SUIN type control subgroup, the service period did not exceed 40 days for 50%, and 41-60 days for another 50%; in the experimental group, it was within 40 days for all cows.-For the SNY type control subgroup, the service period did not exceed 40 days for only 20%, 41-60 days for 30%, and 61-80 days for 50%; in the experimental group, it was distributed as follows: 40 days for 40%, 41-60 days for 40%, and 61-80 days for 20%.-For the SL type control subgroup, no cow was inseminated by day 40 due to incomplete or nonexistent estrus manifestation; in the experimental group, the distribution was as follows: 40 days for 20%, 41-60 days for 40%, and 61-80 days for 40%.The insemination index was lower in cows receiving the feed supplement and amounted to 1.40 in the control SUP type subgroup versus 1.00 in the experimental one; 1.50 vs. 1.00 for the SUIN type; 3.10 vs. 2.40 for the SNY type; and 3.90 vs. 3.00 for the SL type. Gestation duration was also shorter in the experimental subgroups than in the control ones: by 5.1 days for the SUP type, 4.8 days for the SUIN type, 2.2 days for the SNY type, and 1.9 days for the SL type. No clinically manifest pathology was recorded in the SUP and SUIN type subgroups. However, a gastroenterological syndrome was registered during the first two postpartum months in two cows from both the control SNY and SL type subgroups. Survival rates of cows across all groups were 100%. Calf birth weights obtained from cows of the SUP type exceeded those of counterparts at six months by 17.5 kg, those of the SUIN type by 16.1 kg, those of the SNY type by 14.7 kg, and those of the SL type by 11.3 kg, correspondingly averaging 169.7 ± 1.16 kg, 164.1 ± 1.59 kg, 156.7 ± 2.22 kg, and 149.3 ± 3.01 kg respectively. Total gain at six months in calves born to SUP-type cows was greater by 17.0 kg (14.2%) compared to analogs; for calves born to SUIN-type cows, it was 15.9 kg (13.8%), for SNY-type cows, 14.3 kg (13.1%), and for SL-type cows, 10.9 kg (10.3%). Research findings have shown that the effectiveness of feeding the dietary supplement "Milk Thistle Cake" is associated with the types of Higher Nervous Activity (HNA), and one of the reserves for enhancing livestock industry efficiency has been identified.

Keywords: cows, type of higher nervous activity (HNA), milk thistle cake feed additive, service period, insemination index, pregnancy rate, health, survival, offspring quality, calves, live weight

For citation: Kravainis, Yu. Ya., Kravayine, R. S., Shkrabak, V. S. & Shkrabak, R. V. (2026). Influence of the type of higher nervous activity of cows on the efficiency of feeding the feed additive in terms of reproduction. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4, 76-82 DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-76-82 (in Russian).

Введение. Работа является продолжением исследований, проведенных в ЗАО «Татищевское» Ростовского района Ярославской области, в которой изучен уровень влияния каждого типа ВНД коров на эффективность скармливания кормовой добавки «Жмых расторопши», в аспекте молочной продуктивности. Исследованиями выявлено, что скармливание кормовой добавки «Жмых расторопши» повышало молочную продуктивность коров у каждого типа ВНД, но разница по уровню повышения в подгруппах коров разных типов ВНД была не одинаковой и наибольшей у СУП типа [1]. В настоящей работе фрагментом исследований было изучение влияния типа ВНД на эффективность скармливания кормовой добавки «Жмых расторопши» в аспекте воспроизводства, так как этот вид активности тесно связан с продуктивными качествами. Животноводам и учёным известно, что в любом стаде при равных условиях кормления и содержания, показатели воспроизводства коров не одинаковы, особенно при интенсивном молочном скотоводстве в условиях промышленного содержания. Эволюционно сложившаяся продолжительность сервис периода должна находиться в пределах 1,5-3 месяца, но у большинства коров этот период длится до 4-6 месяцев [2-4]. Поэтому не случайно возрос интерес исследователей к изучению факторов, влияющих на качество показателей воспроизводства в последние годы [5-10]. Изучением влияния типа ВНД на показатели воспроизводства занимались не многие учёные [11-13]. Работ по изучению влияния типа ВНД на эффективность скармливания кормовой добавки «Жмых расторопши» в аспекте воспроизводства в доступной нам литературе найти не удалось, что послужило основой для проведения исследований.

Цель исследований – изучить влияние типа высшей нервной деятельности коров на эффективность скармливания кормовой добавки «Жмых растоопши» в аспекте воспроизводства.

Для осуществления поставленной цели необходимо было:

- сформировать по лактационным кривым 4 группы коров согласно типам ВНД
- выявить наличие или отсутствие уровня влияния типа ВНД при скармливании коровам кормовой добавки «Жмых расторопши» на показатели воспроизводства: продолжительность сервис периода, индекс осеменения, продолжительность стельности, состояние здоровья в системе «мать-плод», сохранность, качество полученного приплода при рождении, соответствие рождения физиологическим срокам, живую массу телят при рождении и до 6-месячного возраста.

Материал и методы исследований. Методика подробно изложена в предыдущей работе [1] В настоящей работе представлены основные моменты проведения исследований. Исследования проводились в ЗАО «Татищевское» Ярославской области на ферме «Гаврилково». Объектом исследований были: коровы разных типов ВНД ярославской породы улучшенного генотипа после второй законченной лактации, в течение третьей лактации,

и в период сухостоя до следующего плодотворного осеменения, здоровье, сохранность, показатели воспроизводства, полученные от них телята с рождения до 6-месячного возраста. Животные находились в одинаковых условиях кормления, привязно-выгульного содержания в зимний период, и привязно-пастбищного содержания в летний период. Было отобрано 80 лактационных кривых, после второй законченной лактации. Кокорина Э. П. и др. обнаружили зависимость типа лактационной кривой от типа нервной системы и установили, что лактационная кривая генетический признак [14]. По характеристике лактационных кривых, по принципу пар-аналогов было сформировано 4 группы коров по 20 голов в каждой. В первую группу вошли коровы сильного уравновешенного подвижного (СУП) типа, во вторую сильного уравновешенного инертного (СУИН) типа, в третью сильного неуравновешенного (СНУ) типа, в четвёртую слабого (СЛ) типа. Перед третьей лактацией, в сухостойный период, каждая группа была разделена на 2 подгруппы по 10 голов в каждой, одна – контрольная, другая – опытная. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема опыта

Тип ВНД	Подгруппы	n	Периоды	
			сухостойный	в течение третьей лактации и сухостоя
СУП	контрольная	10	основной рацион	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион	ОР+100г жмыха расторопши
СУИН	контрольная	10	основной рацион	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион	ОР+100г жмыха расторопши
СНУ	контрольная	10	основной рацион	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион	ОР+100г жмыха расторопши
СЛ	контрольная	10	основной рацион	основной рацион (ОР)
	опытная	10	основной рацион	ОР+100г жмыха расторопши

Контрольная подгруппа получала основной рацион, опытная – основной рацион с добавлением 100 г жмыха расторопши, один раз в сутки, с первых суток после отёла, курсами по 90 суток, из них в течение 45-и суток жмых скармливали, затем был перерыв на 45 суток. Во время перерыва все животные получали основной рацион. В предыдущих наших исследованиях установлена норма ввода кормовой добавки «Жмых расторпши» – в среднем 100 г на одно животное в сутки. Кормовую добавку «Жмых расторпши» вносили вручную, посыпая на кормосмесь. Изучали показатели: (по результатам собственных исследований, ветеринарной и зоотехнической отчётности) у коров: продолжительность сервис-периода, индекс осеменения, продолжительность стельности, наличие или отсутствие патологии беременности и при отёле, аборты, сохранность**,** заболеваемость, исход болезни, соответствие рождения приплода физиологическим срокам, качество приплода (общее состояние при рождении, наличие гипоксической фетопатии и асфиксии), время прошедшее с рождения до появления сосательного рефлекса; у полученных телят: живую массу при рождении, в возрасте 1; 3; 6 месяцев и соответственно среднесуточный и валовой прирост живой массы, заболеваемость, сохранность. Полученные данные обработаны методом математической статистики по Н. А. Плохинскому и Е. К. Меркурьевой с определением критерия достоверности по Стъюденту [15].

Результаты исследований. *Показатели воспроизводства*. Уровень влияния типа ВНД при скармливании кормовой добавки «Жмых расторопши» на продолжительность сервис периода и индекса осеменения характеризует таблица 2.

Таблица 2

Продолжительность сервис периода и индекс осеменения у коров разных типов ВНД

Тип ВНД	Продолжительность сервис периода, сутки				Индекс осеменения
	до 40	41-60	61-80	81-100	
СУП: контрольная, голов	6×1	4×2	-	-	1,40
опытная, голов	10×1	-	-	-	1,00
СУИН: контрольная, голов	5×1	5×2	-	-	1,50
опытная, голов	10×1	-	-	-	1,00
СНУ: контрольная, голов	2×1	3×3	5×4	-	3,10
опытная, голов	4×1	4×3	2×4	-	2,40
СЛ: контрольная, голов	-	3×3	5×4	2×5	3,90
опытная, голов	2×1	4×3	4×4	-	3,00

Расчёт индекса осеменения: количество коров (первая цифра в таблице), умножается на количество осеменений (вторая цифра) и делится на количество коров.

Из полученных результатов приведенных в таблице 2 видно, что уровень влияния каждого типа ВНД на эффективность скармливания кормовой добавки «Жмых расторопши» различался по продолжительности сервис периода, и значению индекса осеменения. В контрольных подгруппах каждого типа ВНД сервис-период был более продолжительным, чем в опытных. Соответственно индекс осеменения был меньше в опытных группах. В группе СУП продолжительность сервис периода в контрольной подгруппе не превышала 40 суток у 6-и (60%) коров, 41-60 суток у 4-х (40%) коров. В опытной подгруппе продолжительность сервис периода не превышала 40 суток у всех 10-и (100%) коров. Значение индекса осеменения составляло 1,40 и 1,00, соответственно. Продолжительность сервис периода в контрольной подгруппе СУИН типа не превышала 40 суток у 5-и (50%) коров, 41-60 суток у 5-и (50%) коров. В опытной подгруппе продолжительность сервис периода не превышала 40 суток у всех 10-и (100%) коров. Значение индекса осеменения составляло 1,50 и 1,00, соответственно.

Продолжительность сервис периода в контрольной подгруппе СНУ типа не превышала 40 суток у 2-х (20%) коров, 41- 60 суток у 3-х (30%) коров, 61-80 суток у 5-и (50%) коров. В опытной подгруппе продолжительность сервис периода не превышала 40 суток у 4-х (40%) коров, 41- 60 суток у 4-х (40%) коров, 61-80 суток у 2-х (20%) коров. Значение индекса осеменения составляло 3,10 и 2,40, соответственно. В контрольной подгруппе СЛ типа до 40 суток ни одна корова не оплодотворилась, т. к. охота не регистрировалась или была неполноценной. Продолжительность сервис периода не превышала 60 суток у 3-х (30%) коров, 61-80 суток у 5-и (50%) коров, 81-100 суток у 2-х (20%) коров. В опытной подгруппе продолжительность сервис периода не превышала 40 суток у 2-х (20%) коров, 41-60 суток у 4-х (40%) коров, 61-80 суток у 4-х (40%) коров. Индекс осеменения составлял 3,90 и 2,40, соответственно. Резюмируя полученные результаты исследований видно, что эффективность скармливаемой кормовой добавки «Жмых расторопши» связана с типами ВНД.

Продолжительность стельности между подгруппами в каждой группе была не одинаковой и составляла: в контрольной группе СУП типа 275,4±2,3 суток, в опытной – 270,3 ±1,8 суток, в контрольной группе СУИН типа 276,9±3,1 суток, в опытной – 272,1±2,2 суток, в контрольной группе СНУ типа 282,7±2,3 суток, в опытной – 280,5 ±2,6 суток; в контрольной группе СЛ типа 286,3±2,3 суток, в опытной – 284,4±3,4 суток. Абортов и патологии беременности не зарегистрировано. Отёл произошёл в физиологические сроки у всех животных. Патологии родового акта не зарегистрировано. Послед у всех коров отошёл самостоятельно, без применения стимулирующих препаратов и ручного отделения. Время отделения последа у коров как контрольных, так и опытных подгрупп: сильного (подвижного, инертного), составляло в среднем 5-6 часов 36; у сильного неуравновешенного типа 8-9 часов, у слабого до 12-14 часов. У приплода наличия гипоксической фетопатии и гипоксии не зарегистрировано. Сохранность приплода при рождении составила 100%. Сосательный рефлекс у большинства телят появился через 40-50 минут после рождения, но у 2-х телят в контрольной группе СНУ и 3-х телят СЛ типа он появился через 1,5 часа, у 2-х телят контрольной группы СЛ типа через 2 часа. Резюмируя полученные результаты отметим, что тип ВНД оказывает не одинаковое влияние на продолжительность стельности, и уменьшает этот период при скармливании кормовой добавки «Жмых расторопши» в группе СУП типа 5,1 суток, в группе СУИН типа 4,8 суток, в группе СНУ типа 2,2 суток, в группе СЛ типа на 1,9 суток.

Здоровье коров. Существенных различий по состоянию здоровья коров, как между группами, так и в группах между подгруппами мы не установили. Клинически выраженной патологии между подгруппами в группах СУП и СУИН зарегистрировано не было. В контрольной подгруппе СНУ у 2-х коров в течение 1-2-го месяца после отёла был зарегистрирован гастроэнтэральный синдром средней степени тяжести (угнетённое состояние, частичный отказ от корма, уменьшении количества жвачек и жвачного периода). В контрольной подгруппе СЛ типа у 2-х коров в течение 1-2 месяца после отёла также был зарегистрирован гастроэнтеральный синдром средней степени тяжести, но наряду с перечисленными симптомами зарегистрировано увеличение печени и её болезненность при пальпации. При оказании лечебной помощи исход болезни был благоприятным. Сохранность животных в течение опыта оставляла 100 %.

Динамику живой массы и среднесуточного прироста телят с рождения до 6-месячного возраста характеризует таблица 3. Данные таблицы 3 показывают, что при рождении живая масса телят в подгруппах каждого типа ВНД хотя существенно не отличалась, но была несколько больше в подгруппах телят полученных от коров матерей каждого типа ВНД, и составляла в контрольной подгруппе СУП типа 33,1±1,17 кг, в опытной 33,6±0,94 кг; СУИН типа 32,9±1,23 кг и 33,1±1,11 кг, СНУ типа 32,6±1,14 кг и 33,0±0,87 кг, СЛ типа 31,7±1,14 кг и 32,1±2,03 кг, соответственно.

Таблица 3

Живая масса телят с рождения до 6-месячного возраста

Живая масса, кг	СУП тип	СУИН тип	СНУ тип	СЛ тип
при рождении:				
контрольная	33,1±1,17	32,9±1,23	32,6±1,14	31,7±1,14
опытная	33,6±0,94	33,1±1,11	33,0±0,87	32,1±2,03
± к контрольной группе, кг	+0,5	+0,2	+0,4	+0,4
в 1 месяц:				
контрольная	50,4± 2,03	49,3± 2,99	48,0±2,85	46,1±3,98
опытная	52,8±1,85	51,6±1,68	49,6±2,55	46,9±3,22
± к контрольной группе, кг	+2,4	+2,3	+1,6	+0,8
в 3 месяца:				
контрольная	92,7±1,11*	90,4±2,07	88,3±1,91	85,4±2,16*
опытная	103,8±2,52*	101,0±3,05	98,1±2,94	93,6±2,62*
± к контрольной группе, кг	+11,1	+10,6	+9,8	+8,2
в 6 месяцев:				
контрольная	152,2±2,74*	148,0±2,31	142,0±1,02*	138,0±2,56*
опытная	169,7±1,16*	164,1±1,59	156,7±2,22*	149,3±3,01*
± к контрольной группе, кг	+17,5	+16,1	+14,7	+11,3
Валовой прирост живой массы, за 6 месяцев, кг				
контрольная	119,1	115,1	109,4	106,3
опытная	136,1	131,0	123,7	117,2
± к контрольной группе, кг/%	+17,0/14,2	+15,9/13,8	+14,3/13,1	+10,9/10,3
Среднесуточный прирост живой массы с рождения, за 6 месяцев, г				
контрольная	0,658±18,4*	0,636±19,7	0,604±17,3	0,587±15,8*
опытная	0,752±16,3*	0,724±23,3	0,683±21,7	0,648±14,9*
± к контрольной группе, г	+0,094	+0,088	+0,079	+0,061

*Примечание: * – достоверная разница по сравнению с животными СУП типа ВНД)*

В 1-месячном возрасте разница между контрольными и опытными подгруппами составляла в группе СУП типа 2,4 кг, в группе СУИН типа 2,3 кг, в группе СНУ типа 1,6 кг, в группе СЛ типа 0,8 кг. В 3-месячном возрасте разница между подгруппами была больше и составляла в группе СУП типа 11,1 кг, в группе СУИН типа 10,6 кг, в группе СНУ типа 9,8 кг, в группе СЛ типа 8,2 кг. В 6-месячном возрасте в каждой группе между подгруппами живая масса телят была больше в опытных подгруппах по сравнению с контрольными: в группе СУП типа на 17,5 кг, СУИН типа на 16,1 кг, СНУ типа 14,7 кг на СЛ типа на 11,3 кг. Соответственно изменялся валовой прирост живой массы, в опытной подгруппе СУП был больше по сравнению с контрольной на 17,0 кг, СУИН типа на 15,9 кг, СНУ типа 14,3 кг, СЛ типа на 10,9 кг. Полученные результаты наглядно показывают, что при равных условиях кормления и содержания телят, полученные результаты связаны с типологическими особенностями коровы-матери. Резюмируя полученные результаты видно, что скармливание коровам разных типов ВНД в период стельности кормовую добавку «Жмых расторопши» влияло не одинаково на прирост живой массы телят. Валовой прирост в 6 месяцев у телят полученных от коров СУП типа получавших кормовую добавку «Жмых расторопши», по сравнению с телятами от коров, не получавших добавку, в 6 месяцев был больше на 17,0 кг (14,2%); от коров СУИН типа на 15,9 кг (13,8%); от коров СНУ типа 14,3 кг (13,1%); от коров СЛ типа на 10,9 кг (10,3%).

Заключение. Установлено, что в зависимости от типа ВНД эффективность скармливания кормовой добавки «Жмых расторопши» на показатели воспроизводства была не одинаковой. В подгруппах каждого типа ВНД, получавших кормовую добавку «Жмых расторопши», по сравнению с аналогами сервис период был менее продолжительным. В контрольной подгруппе СУП типа сервис период не превышал 40 суток у 60% коров, 41-60 суток у 40% коров, в опытной – 40 суток у 100% коров. В контрольной подгруппе СУИН типа сервис период не превышал 40 суток у 50% коров, 41-60 суток у 50% коров, в опытной – 40 суток у 100% коров. В контрольной подгруппе СНУ типа сервис период не превышал 40 суток у 20% коров, 41-60 суток у 30% коров, 61-80 суток у 50% коров; в опытной – 40 суток у 40% коров, 41-60 суток у 40% коров, 61-80 суток у 20% коров. В контрольной подгруппе СЛ типа до 40 суток все коровы не были осеменены, т.к. охота или не проявлялась или была не полноценной. Сервис период не превышал 41-60 суток у 30% коров, 61-80 суток у 50% коров, 81-100 суток у 20% коров; в опытной – не превышал 40 суток у 20% коров, 41-60 суток у 40% коров, 61-80 суток у 40% коров. Соответственно индекс осеменения был меньше у коров получавших кормовую добавку «Жмых расторопши» и составлял в контрольной подгруппе СУП типа 1,40, в опытной – 1,00; в контрольной подгруппе СУИН типа – 1,50, в опытной – 1,00; в контрольной подгруппе СНУ типа – 3,10, в опытной – 2,40; в контрольной подгруппе СЛ типа – 3,90 в опытной – 3,00. Продолжительность стельности в опытных подгруппа была короче, чем в контрольных: в группе СУП типа на 5,1 суток, в группе СУИН типа на 4,8 суток, в группе СНУ типа на 2,2 суток, в группе СЛ типа на 1,9 суток. Клинически

выраженной патологии в подгруппах СУП и СУИН типа не зарегистрировано. В контрольных подгруппах СНУ типа и СЛ типа у 2-х коров в течение 1-2 месяца после отёла зарегистрирован гастроэнтеральный синдром. Сохранность коров во всех группах составляла 100 %. Живая масса телят, полученных от коров СУП типа по сравнению с аналогами в 6 месяцев, была больше на 17,5 кг, СУИН типа на 16,1 кг, СНУ типа 14,7 кг; СЛ типа на 11,3 кг, и составляла 169,7±1,16 кг, 164,1± 1,59 кг, 156,7±2,22 кг, 149,3±3,01кг, соответственно. Валовой прирост в 6 месяцев у телят, полученных от коров СУП типа по сравнению с аналогами в 6 месяцев, был больше на 17,0 кг (14,2%); от коров СУИН типа на 15,9 кг (13,8%); от коров СНУ типа 14,3 кг (13,1%); от коров СЛ типа на 10,9 кг (10,3%). В результате исследований выявлено, что эффективность скармливаемой кормовой добавки «Жмых расторопши» связана с типами ВНД, и разработан один из резервов повышения эффективности отрасли скотоводства.

Список источников

1. Кравайнис Ю. Я., Кравайне Р. С., Шкрабак Р. В., Шкрабак В. С. Влияние кормовой добавки с гепатопротекторным действием на уровень повышения молочной продуктивности коров разных типов высшей нервной деятельности // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. Т.10, № 4. С. 94-99. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-94-99 EDN: ZUGKRQ

2. Некрасов А. В., Аникин А. С., Дуборезов А. М., Чабаев М. Г. [и др.] Проблемы реализации потенциала продуктивности молочного скота // Зоотехния. 2017. № 5. С. 7-11. EDN: ZAUJBT

3. Мищенко В. А. Экономическая оценка воспроизводства стада в интенсивном молочном скотоводстве // Зоотехния. 2005. №3. С. 35-37.

4. Щепёткина С. Чтобы вырастить высокопродуктивную корову // Животноводство России. 2013. № 6. С. 47-48. EDN: LMFJFH

5. Абитов А. М., Улимбашев М. Б. Сравнительная оценка воспроизводительных качеств молочного скота // Ветеринарная патология. 2017. № 4. (62). С. 28-31. DOI: 10.25690/VETPAT.2018.62.20167 EDN: YOJVNT

6. Ефимова Л. В., Зазнобина Т. В., Иванова О. В. Воспроизводительные качества высокопродуктивных коров красно-пёстрой породы при разных способах содержания // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии 2018. № 7. С. 86-89. EDN: YNVGFN

7. Иванова И. П., Троценко И. В., Борисенко С. В. [и др.] Оценка воспроизводительных качеств коров в промышленных предприятиях Омской области // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. №2. С. 95-99. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201902016 EDN: OUKXLM

8. Евглевский А. А. Проблемы здоровья коров в молочном животноводстве: известные и не известные аспекты // Ветеринария и кормление. 2022. № 6. С. 25-27. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-6 EDN: SEPPLY

9. Костомахин Н. М., Воронкова О. А., Габедава М. А. Продуктивные и воспроизводительные качества коров в зависимости от степени инбридинга // Главный зоотеник. 2019. № 5. С. 11-16 EDN: NBXJPY

10. Лефлер Т. Ф., Нагибина А. А., Сидоренкова И. В. [и др.] Влияние матерей на формирование продуктивности потомков // Вестник Краснодарского ГАУ. 2020. №5 (158). С.106-108. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-106-111 EDN: TDBBZH

11. Левина Г. В. Артюх В. А. Сидельникова В.Н. Типы высшей нервной деятельности коров как фактор формирования высокопродуктивных стад // Мясное и молочное скотоводство. 2011. № 1. С. 13-15. EDN: LUZWAC

12. Кравайнис Ю. Эффективность использования коров с разными типами высшей нервной деятельности // Молочное и мясное скотоводство. 2007. №. 3. С. 34-35. EDN: HEVOLC

13. Володин В. А. Воспроизводительные качества коров разных типов ВНД // Зоотехния. 2004. №1. С. 29. EDN: HRRWHJ

14. Кокорина Э. П. Условные рефлексы и продуктивность животных // М.: ВО Агропромиздат. 1986. 335 с.

15. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: Изд-во Моск. Ун-та. 1970. 367 с.

References

1. Kravajnis, Yu.Ya., Kravayne, R. S., Shkrabak, R. V. & Shkrabak, V. S. (2025). Effect of hepatoprotective feed additive on increasing milk productivity level in cows of different types of higher nervous activity. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 10. 4. 94-99. DOI: 10.55170/1997-3225-2025-10-4-94-99 EDN: ZUGKRQ (in Russian).

2. Nekrasov, A. V., Anikin, A. S., Duborezov, A. M., Chabaev, M. G. & et al. (2017). Problems of realizing potential productivity of dairy cattle. *Zootekhnija*. 5. 7-11. EDN: ZAUJBT (in Russian).

3. Mischenko, V. A. (2005). Economic evaluation of herd reproduction in intensive dairy farming. *Zootekhnija*. 3. 35-37. (in Russian).

4. Schepetkina, S. (2013). To grow highly productive cows. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 6. 47-48. EDN: LMFJFH (in Russian).

5. Abitov, A. M. & Ulimbayev, M. B. (2017). Comparative assessment of reproductive qualities of dairy cattle. *Veterinary Pathology*. 4. (62). 28-31. DOI: 10.25690/VETPAT.2018.62.20167 EDN: YOJVNT (in Russian).

6. Efimova, L. V., Zaznobina, T. V. & Ivanova, O. V. (2018). Reproductive qualities of high-producing red-spotted breed cows under different housing methods. *Bulletin of Kursk State Agricultural Academy*. 7. 86-89. EDN: YNVGFN (in Russian).

7. Ivanova, I. P., Trotsenko, I. V. & Borisenko, S. V. (2019). Evaluation of reproductive qualities of cows in industrial enterprises of Omsk region. *Veterinary Medicine, Animal Husbandry and Biotechnology*. 2. 95-99. DOI: 10.26155/vet.zoo.bio.201902016 EDN: OUKXLM (in Russian).

8. Evglevskij, A. A. (2022). Health problems of cows in dairy farming: known and unknown aspects. *Veterinary Medicine and Feeding*. 6. 25-27. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-6-6 EDN: SEPPLY (in Russian).

9. Kostomahin, N. M., Voronkova, O. A. & Gabedava, M. A. (2019). Productive and reproductive qualities of cows depending on degree of inbreeding. *Chief Zootechnician*. 5. 11-16. EDN: NBXJPY (in Russian).

10. Lefler, T. F., Nagibina, A. A. & Sidorenkova, I. V. (2020). Influence of mothers on formation of descendants' productivity. *Bulletin of Kuban State Agrarian University*. 5 (158). 106-108. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-106-111 EDN: TDBBZH (in Russian).

11. Levina, G. V., Artukh, V. A. & Sidelnikova, V. N. (2011). Types of higher nervous activity in cows as factor shaping highly productive herds. *Meat and Dairy Cattle Breeding*. 1. 13-15. EDN: LUZWAC (in Russian).

12. Kravainis, Yu. (2007). Efficiency of using cows with different types of higher nervous activity. *Dairy and beef cattle breeding*, 3, 34-35. EDN: HEVOLC (in Russian).

13. Volodin, V. A. (2004). Reproductive qualities of cows of different types of higher nervous activity. *Zootekhnija*.1. 29. EDN: HRRWHJ (in Russian).

14. Kokorina, E. P. (1986). Conditional reflexes and animal productivity. Moscow: Agropromizdat Publ. 335. (in Russian).

15. Plokhinsky, N. A. (1970). Biometry. Moscow: Publishing House of Moscow Univ. 367. (in Russian).

Информация об авторах:

Юрий Янисович Кравайнис, доктор биологических наук, старший научный сотрудник отдела технологий животноводства;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6637-7263, e-mail: yaniizhk-otg@yandex.ru

Раиса Степановна Кравайне, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела технологий животноводства;
ID: http://orcid.org/0009-0004-1061-6826, e-mail: yaniizhk-otg@yandex.ru

Владимир Степанович Шкрабак✉*,* доктор технических наук;
ID: http://orcid.org/0000-0003-3331-624X, e-mail: v.shkrabak@mail.ru

Роман Владимирович Шкрабак, кандидат технических наук
ID: http://orcid.org/0000-0003-0128-0510, e-mail: shkrabakrv@mail.ru

Information about the authors:

Yuri Ya. Kravaynis, Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher at the Department of Livestock Technologies;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6637-7263, e-mail: yaniizhk-otg@yandex.ru

Raisa S. Kravayne, Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher at the Department of Livestock Technologies;
ID: http://orcid.org/0009-0004-1061-6826, e-mail: yaniizhk-otg@yandex.ru

Vladimir S. Shkrabak✉, Doctor of Technical Sciences;
ID: http://orcid.org/0000-0003-3331-624X, e-mail: v.shkrabak@mail.ru

Roman V. Shkrabak, Candidate of Technical Sciences;
ID: http://orcid.org/0000-0003-0128-0510, e-mail: shkrabakrv@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
вторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declares no competing interests regarding.

Статья поступила в редакцию 31.08.2026; одобрена после рецензирования 14.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 31.08.2026; approved after reviewing 14.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 636.598.087.7: 612.015.11: 579.864
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-83-89

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ *ENTEROCOCCUS FAECIUM* И ЦЕОЛИТА ТИПА NaX ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПЕРЕПЕЛОВ РОДИТЕЛЬСКОГО СТАДА

В. В. Герасименко[1], О. Ю. Ежова[2]✉, Р. З. Мустафин[2], Л. Н. Бакаева[2]
[1] Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.
[2] Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия.

Резюме. *В работе оценивали эффект совместного скармливания пробиотика на основе Enterococcus faecium RCAM05160 и синтетического цеолита типа NaX перепелам эстонской породы родительского назначения. Опыт длился 32 недели, начиная с 8-недельного возраста; в каждой из двух групп содержалось по 100 голов (90 самок, 10 самцов). Дозу пробиотика 0,2 мл/кг живой массы обосновали в предварительном эксперименте, где сравнивали три уровня выпаивания и именно этот вариант дал наибольший прирост живой массы (6,1%) без признаков насыщения ответа. Опытным несушкам ежедневно выпаивали суспензию культуры (1×10⁹ КОЕ/мл) из расчёта 0,2 мл/кг, а в комбикорм вводили цеолит в количестве 3% по массе. Питательность рациона пересчитывали с учётом минеральной составляющей. Результат оказался заметным: интенсивность яйцекладки выросла до 85,2% против 77,6% в контроле, яйценоскость на голову увеличилась на 9,8%, масса яйца – на 7,0%, расход корма на 10 яиц упал на 13,3%. Прочность и толщина скорлупы прибавили 17,1 и 8,7% соответственно, каротиноиды желтка – 25,4%, вывод молодняка при инкубации – 12,0 п.п. (p<0,01). В крови опытной птицы зафиксировали рост эритроцитов и гемоглобина на 5,9-8,0% при снижении лейкоцитов на 10,4-11,9%; к 36-й неделе показатели стабилизировались. В сыворотке расширился пул общего белка и альбуминов, упали мочевая кислота, холестерин и триглицериды при неизменных АЛТ, АСТ и креатинине. Концентрации Ca, P, Mg и Se возросли на 11,3-21,4%, подтверждая ионообменную роль цеолита. Совокупность данных говорит о системной перестройке обмена и обосновывает включение данного комплекса в рационы перепелов родительского стада.*

Ключевые слова: перепеловодство, родительское стадо, Enterococcus faecium, цеолит NaX, яйценоскость, инкубационные качества, биохимический профиль, минеральный обмен

Для цитирования: Герасименко В. В., Ежова О. Ю., Мустафин Р. З., Бакаева Л. Н. Эффективность применения *Enterococcus faecium* и цеолита типа NaX при выращивании перепелов родительского стада // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 83-89. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-83-89

Original article

THE EFFECTIVENESS OF USING *ENTEROCOCCUS FAECIUM* AND NAX-TYPE ZEOLITE IN REARING QUAILS OF THE PARENT FLOCK

V. V. Gerasimenko[1], O. Yu. Ezhova[2]✉, R. Z. Mustafin[2], L. N. Bakaeva[2]
[1] Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia.
[2] Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia.

Abstract. The study evaluated the effect of co-feeding probiotic based on Enterococcus faecium RCAM05160 and a synthetic zeolite of the NaX type to quails of the Estonian breed intended for parental purposes. The experiment lasted 32 weeks, starting at the age of 8 weeks; each of the two groups contained 100 birds (90 females, 10 males). The probiotic dose of 0.2 ml/kg of live weight was justified in a preliminary experiment, in which three levels of drinking were compared, and it was this option that yielded the greatest increase in live weight (6.1%) without any signs of a saturated response. The experimental laying hens were given a daily suspension of the culture (1×10⁹ CFU/mL) at a rate of 0.2 ml/kg, and zeolite was added to the feed at a rate of 3% by weight. The nutritional value of the diet was recalculated taking into account the mineral component. The results were noticeable: the egg-laying intensity increased to 85.2 % compared to 77.6 % in the control group; egg production per bird increased by 9.8 %, egg weight by 7.0 %, and feed consumption per 10 eggs decreased by 13.3 %. The strength and thickness of the shell increased by 17.1% and 8.7%, respectively; the yolk carotenoids increased by 25.4%; the hatchability during incubation increased by 12.0 percentage points (p<0.01). In the blood of the experimental birds, an increase in red blood cells and hemoglobin by 5.9-8.0% was recorded, while the number of leukocytes decreased by 10.4-11.9%; by the 36th week, the values stabilized. The pool of total protein and albumins in the serum expanded, while uric acid, cholesterol, and triglycerides decreased, with ALT, AST, and creatinine remaining unchanged. The concentrations of Ca, P, Mg, and Se increased by 11.3-21.4%, confirming the ion-exchange role of zeolite. The overall data indicate a systemic restructuring of metabolism and justify the inclusion of this complex in the diets of parent-stock quails.

© Герасименко В. В., Ежова О. Ю., Мустафин Р. З., Бакаева Л. Н., 2026

Keywords: quail farming, parent stock, Enterococcus faecium, NaX zeolite, egg production, hatching qualities, biochemical profile, mineral metabolism

For citation: Gerasimenko, V. V., Ezhova, O. Yu., Mustafin, R. Z. & Bakaeva, L. N. (2026). The effectiveness of using *Enterococcus faecium* and NaX-type zeolite in rearing quails of the parent flock. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4, 83-89. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-83-89 (in Russian).

Введение. Перепеловодство сохраняет устойчивые темпы роста, чему способствуют скороспелость птицы, высокая интенсивность яйцекладки и умеренные затраты кормов [1-4]. Однако при клеточном содержании птица постоянно находятся под воздействием технологических и микроклиматических факторов, что требует поиска средств метаболической коррекции гомеостаза за счет кормовых добавок [5-10]. Внимание исследователей привлекает сочетание пробиотических культур рода *Enterococcus faecium,* проявляющих антагонизм к возбудителям кишечных инфекций, с синтетическими цеолитами модификации Nax, обладающими выраженными ионообменными характеристиками. Ранее ростостимулирующая эффективность совместного применения *E. faecium* и сорбентов была подтверждена на молодняке птицы [11-13]. Вместе с тем комплексная оценка влияния такой схемы на продуктивность, морфо-биохимический профиль и инкубационные качества яиц перепелов родительского стада на протяжении полного продуктивного цикла ранее не выполнялась.

Цель исследований – оценить продуктивную и физиологическую эффективность применения пробиотического штамма *Enterococcus faecium* RCAM05160 и цеолита типа Nax при содержании перепелов родительского стада. В задачи исследования входило проанализировать воздействие комплексной добавки на яйценоскость, морфологический и инкубационные качества яиц, морфологический состав крови, биохимический и минеральный профиль сыворотки.

Материал и методы исследований. Опыт проводили с февраля по сентябрь 2026 г. (продолжительность 32 недели) на перепелах эстонской породы родительского стада. Птицу размещали в клеточных батареях при световом режиме 16 ч света : 8 ч темноты, температуре 20-22˚С и относительной влажности воздуха 60-70%. Методом пар-аналогов сформировали две группы по 100 голов в каждой (90 самок и 10 самцов). При постановке птица была уравнена по живой массе и исходной интенсивности яйцекладки; различия недостоверны.

Птица контрольной группы получала основной рацион. Птица опытной группы с 8-недельного возраста дополнительно к основному рациону ежедневно потребляли культуру *E. faecium* RCAM05160 (1×10^9 КОЕ/мл) в дозе 0,2 мл/кг живой массы (с учетом концентрации суспензии фактическая суточная доза пробиотика составляла 2×10^8 КОЕ/кг живой массы) с утренней порцией питьевой воды, а также синтетический цеолит типа Nax в объеме 3% от массы комбикорма.

Дозировка пробиотической культуры 0,2 мл/кг живой массы была выбрана на основании результатов предварительно научно-хозяйственного опыта, в котором сравнивали три варианта выпаивании суспензии *E. faecium* RCAM05160 (контроль, 0,1 и 0,2 мл/кг) на перепелах родительского стада в период массовой яйцекладки. Установлено, что препарат оказывает дозозависимое положительное влияние на продуктивность: при дозе 0,1 мл/кг прирост живой массы к завершению опыта составил 3,3%, тогда как при дозе 0,2 мл/кг он достиг 6,1% ($p<0,01$) при одновременном повышении интенсивности яйцекладки на 9,4 п.п. и снижение затрат корма на 13,5%. Таким образом, дозировка 0,2 мл/кг обеспечивает оптимальную концентрацию колониеобразующих единиц в желудочно-кишечном тракте без избыточной нагрузки на организм птицы. На основании этих данных указанная доза была принята как базовая для реализации полного продуктивного цикла в настоящем опыте с комбинированным применением пробиотика и цеолита.

Основной рацион контрольной группы включал 32,0% кукурузы, 24,5% пшеницы, 21,0% соевого шрота, 6,0% подсолнечного шрота, 4,0% рыбной муки, 2,4% подсолнечного масла, 2,0% травяной муки, 5,8% известняка, 1,1% монокальцийфосфата, 0,2% соли и 1,0% премикса. Для опытной группу рецептуру пересчитали с учетом ввода 3,0% цеолита Nax. Чтобы исключить эффект разбавления рациона инертным минеральным компонентом, долю кукурузы снизили до 30,8%, пшеницы – до 23,6%, известняка – до 4,7%. Одновременно увеличили содержание соевого шрота до 21,6%, подсолнечного шрота до 6,2%, рыбной муки до 4,1% и подсолнечного масла до 2,7%. В результате обменная энергия 11,70 и 11,68 МДж/кг), сырой протеин (20,0%), лизин (1,08%), метионин+цистин (0,84%), кальций (2,50%) и фосфор (0,80%) в обоих рационах были выровнены. Уровень селена в премиксе обеих групп составлял 0,20 мг/кг.

Учет продуктивности, поедамости корма и сохранности поголовья велся ежедневно; взвешивание яиц проводили еженедельно. Морфометрические параметры яиц оценивали каждые 4 недели по 30 яиц от группы. Инкубационные свойства определяли дважды за цикл – на 16-й и 28-й неделе опыта, закладывая по 100 яиц от группы; в таблицах приведены суммарные данные двух закладок (200 яиц на группу). Кровь отбирали в возрасте 12, 24 и 36 недель из подкрыльцовой вены (n = 10 на группу). Морфологический состав крови исследовали на

ветеринарном анализаторе PCE-90VET. Биохимические показатели сыворотки и содержание Ca, P, Mg, Se определяли на автоматическом анализаторе и спектрометре «Спектр-5».

Цифровой материал обработан методами вариационной статистики в программе Statistica 10.0. Данные представлены в виде $\overline{X} \pm S\overline{X}$, где $\overline{X}$– среднее арифметическое, $\pm S\overline{X}$ – стандартная ошибка среднего. Достоверность различий между группами оценивали по t-Стьюдента, качественные показатели – с помощью точного критерия Фишера. Различия считали статистически значимыми при (p<0,05).

Результаты исследований. Анализ производственных показателей выявил выраженный стимулирующий эффект изучаемого комплекса (табл. 1)

Таблица 1

Показатели яичной продуктивности и сохранности перепелов ($\overline{X} \pm S\overline{X}$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Интенсивность яйцекладки, %[1]	77,6±1,21	85,2±0,98*
Яйценоскость на среднюю несушку, шт. [1]	173,8±2,64	190,8±2,31*
Яйценоскость на начальную несушку, шт. [1]	160,4±2,71	185,4±2,38*
Средняя мама яйца, г[2]	11,4±0,08	12,2±0,07*
Потребление корма, г/гол./сут.[3]	32,4	31,9
Расход корма на 10 яиц, кг[3]	0,417	0,362
Сохранность поголовья, %[4]	91,0	97,0

*Примечание: здесь и далее * - p<0,05; ** - p<0,01. ¹ n = 90 несушек; ² n = 200 яиц; ³ групповой учёт, расчётный показатель; ⁴ n = 100 голов, точный критерий Фишера, p = 0,152.*

Яйцекладка у опытных несушек оказалась достоверно выше: 85,2% против 77,6% в контроле, то есть разница составила 7,6 п.п. (p<0,05). Яйценоскость в расчёте на одну голову выросла на 9,8% – со 173,8 до 190,8 шт. (p<0,05), причём пик продуктивности удерживался стабильно на протяжении всего учёта. Если пересчитывать на начальную несушку, прирост ещё заметнее – 15,6%, поскольку здесь дополнительно сказывается лучшая сохранность птицы в опытной группе. Средняя масса яйца прибавила 7,0% (p<0,05), что говорит об активизации формирования структурных компонентов в яйцеводе.

Поедаемость комбикорма в обеих группах была практически одинаковой, а вот расход корма на 10 яиц сократился на 13,3%. Иными словами, конверсия улучшилась не потому, что птица стала больше есть, а за счёт более полного усвоения питательных веществ в присутствии пробиотической микрофлоры и сорбента.

Сохранность в опытной группе составила 97,0%, в контроле – 91,0%. Разница в 6 п.п. указывает на укрепление неспецифической резистентности, однако при численности 100 голов она не достигла статистической значимости (p = 0,152). Поэтому данный результат целесообразно рассматривать как устойчивую биологическую тенденцию, которая нуждается в проверке на большем поголовье.

В целом совместное применение пробиотика и цеолита обеспечило достоверный прирост яичной продуктивности без увеличения кормовых затрат на единицу продукции.

Данные, характеризующие качество и инкубационные достоинства яиц, обобщены в таблице 2.

Таблица 2

Качество и инкубационные свойства яиц перепелов ($\overline{X} \pm S\overline{X}$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Морфометрические параметры (n=30)		
Индекс формы, %	78,4±0,52	78,9±0,44
Толщина скорлупы, мкс	196,4±2,84	213,5±2,52*
Прочность скорлупы, Н	18,7±0,41	21,9±0,38*
Высота плотного белка, мм	4,26±0,08	4,78±0,07*
Единицы Хау	82,4±0,92	86,7±0,81*
Каротиноиды в желтке, мкг/г	14,2±0,38	17,8±0,34*
Инкубационные качества (n=200)		
Оплодотворенность, %	86,0	92,0*
Выводимость от заложенных, %	73,3	81,5
Вывод молодняка от заложенных, %	63,0	75,0**

Примечание: для инкубационных показателей применён точный критерий Фишера; оплодотворенность p = 0,046; выводимость p = 0,062; вывод молодняка p = 0,009.

Исследование физико-механических свойств скорлупы выявило ее достоверное утолщение на 8,7% (p<0,05). Параллельно зафиксирован рост сопротивления излому на 17,1% (p<0,05). Для производства подобные сдвиги означают вполне осязаемое снижение потерь от боя и насечки при сборе и дальнейшей перевозке. Индекс

формы яиц статистически значимых межгрупповых различий не показал. Результат абсолютно закономерный, поскольку геометрия ооцита жестко лимитирована генотипом и практически не поддается алиментарной коррекции. При оценке структурно-механических свойств белковой фракции отмечена иная динамика. Несмотря на общее укрупнение яйца, высота плотного белка прибавила 12,2% ($p<0,05$), а расчетные единицы Хау выросли на 5,2% ($p<0,05$). Тот факт, что качественные параметры улучшались на фоне количественного прироста массы, прямо указывает на опережающую секрецию густой фракции в железах яйцевода. Проще говоря, сформированный белок оказался объективно более плотным. Отдельного внимания заслуживает пигментация. Концентрация каротиноидов в желтке опытной птицы превысила фоновые значения сразу на 25,4% ($p<0,05$). Столь интенсивное депонирование жирорастворимых пигментов служит косвенным, но весьма надежным маркером: на фоне введения цеолита и пробиотика у несушек нормализовался липидный обмен. Транспортная активность липопротеинов, переносящих пигменты в созревающий ооцит, существенно возросла.

Изучение морфологии крови позволило зафиксировать улучшение реологических характеристик и снижение признаков эндогенной интоксикации (табл. 3).

Таблица 3

Морфологические показатели крови перепелов динамике (n=10) ($\overline{X} \pm S\overline{X}$)

Показатель	Возраст, нед.	Группа	
		контрольная	опытная
Эритроциты, 10^{12}/л	12	3,88±0,072	4,12±0,064*
	24	4,21±0,081	4,46±0,073*
	36	4,03±0,088	4,31±0,079
Гемоглобин, г/л	12	128,4±2,86	137,2±2,64*
	24	139,8±3,24	149,8±2,91*
	36	132,8±3,24	143,4±2,98*
Гематокрит, %	12	40,2±0,78	42,7±0,71*
	24	43,1±0,86	45,6±0,79*
	36	41,6±0,94	44,2±0,87*
Лейкоциты, 10^{9}/л	12	18,3±0,58	16,4±0,52*
	24	20,1±0,67	17,8±0,61*
	36	19,4±0,74	17,1±0,68*

Во все учетные периоды у перепелов опытной группы отмечалось более высокое содержание эритроцитов – в пределах 5,9-6,9% относительно контроля ($p<0,05$). Аналогичная динамика прослеживалась и по гемоглобину: его концентрация была выше на 6,9-8,0 ($p<0,05$), достигая максимума в фазу пиковой яйценоскости. Рост гематокритного числа на 5,8-6,3% ($p<0,05$) свидетельствует о достаточном кровенаполнении сосудистого русла без признаков гемоконцентрации. По лейкоцитарному звену картина была обратной. Уровень лейкоцитов у опытных несушек оказался достоверно ниже контрольных цифр на 10,4-11,9% ($p<0,05$). Подобный сдвиг логично объяснить снижением антигенной нагрузки на кишечник: вводимый штамм подавляет условно-патогенную микрофлору, что уменьшает потребность организма в циркулирующих иммунных клетках. Стоит оговориться: поскольку микробиологический анализ кишечного содержимого в рамках данного исследования не проводился, это объяснение следует рассматривать как рабочую гипотезу.

К 36-недельному возрасту, морфологическая картина крови стабилизировалась. Отсутствие резких колебаний к концу продуктивного цикла указывает на то, что физиологическое истощение у родительского стада не сформировалось.

Результаты оценки биохимического профиля сыворотки и минерального статуса отражены в таблице 4.

Анализ белкового спектра сыворотки выявил рост белка на 8,8% ($p<0,05$). Альбуминовая фракция при этом увеличилась на 10,6% ($p<0,05$), что закономерно сдвинуло альбумин-глобулиновый коэффициент с 1,60 до 1,67. Подобная динамика обычно сопутствует усилению пластических процессов в организме. Обращает на себя внимание падение уровня мочевой кислоты на 20,6% ($p<0,05$). Очевидно, что азот корма стал утилизироваться эффективнее, а непродуктивный распад аминокислот сократился. В липидном профиле также наметились сдвиги: холестерин снизился на 9,0% триглицериды – гиполипидемическое действие изучаемого комплекса. Активность аминотрансфераз и уровень креатинина достоверных межгрупповых различий не выявили. Следовательно, гепато- и нефротоксического действия при длительном применении добавок не наблюдалось. Минеральный обмен отреагировал на введение цеолита ростом концентрации кальция на 15,2% ($p<0,05$), неорганического фосфора на 21,4% ($p<0,05$), магния на 11,3% ($p<0,05$) и селена на 18,3% ($p<0,05$). Это прямо указывает на высокую ионообменную активность минерального сорбента. Соотношение Ca : P сместилось с 3,09 до 2,93.

Таблица 4

Биохимические показатели и минеральный состав сыворотки крови (24 нед., n=10) ($\overline{X} \pm S\overline{X}$)

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Общий белок, г/л	49,1±0,92	53,4±0,84*
Альбумины, г/л	30,2±0,61	33,4±0,54*
Глобулины, г/л	18,9±0,58	20,0±0,52
А/Г коэффициент	1,60±0,04	1,67±0,04
Мочевая кислота, мкмоль/л	404,5±17,8	321,2±14,2*
Креатинин, мкмоль/л	33,6±1,8	37,1±1,8
Глюкоза, ммоль/л	12,90±0,28	12,14±0,24*
Холестерин, ммоль/л	3,94±0,11	3,58±0,10*
Триглицериды, ммоль/л	0,77±0,03	0,61±0,03*
АЛТ, Ед/л	19,8±1,1	21,2±1,0
АСТ, Ед/л	62,4±2,5	58,3±2,2
Кальций, ммоль/л	5,60±0,15	6,45±0,13*
Фосфор неорг., ммоль/л	1,81±0,06	2,20±0,06*
Магний, ммоль/л	1,15±0,04	1,28±0,04*
Селен, мкг/л	82,0±4,1	97,0±3,8*

Поскольку уровень селена в премиксе обеих групп был одинаков, рост его концентрации в сыворотке следует связывать именно с улучшением всасывания микроэлемента под действием сорбента и пробиотика.

Заключение. Включение в рацион перепелов родительского стада пробиотического штамма *Enterococcus faecium* RCAM05160 и синтетического цеолита Nax обеспечивает глубокую физиологическую коррекцию обменных процессов. Совместное действие компонентов выражается в оптимизации морфологического состава крови, стимуляции белкового и минерального обмена при отсутствии признаков гепато- и нефротоксичности. В результате улучшения структурных качеств скорлупы и нутритивной ценности желтка достигается повышение интенсивности яйцекладки на 7,6 п.п. ($p<0,05$), яйценоскости на среднюю несушку – на 9,8%($p<0,05$), массы яиц – на 7,0%($p<0,05$), вывода кондиционного молодняка – на 12,0 п.п. ($p=0,009$) и снижение удельного расхода кормов на 13,3%.

Список источников

1. Ерохина А. В., Сазонова И. А. Перспективы развития в перепеловодства в России (обзор) // Инновации, современные тенденции развития животноводства и зоотехнической науки: методы, технологии, экологическая безопасность производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Саратов. 2025. С. 86-89. EDN: SFEYJI

2. Назар М. М. Проблемы и перспективы развития птицеводства в России // Russian Journal of Management. 2024. Т. 12, № 1. С. 186-193. DOI: 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193 EDN: QIMHXY

3. Губанов Р.С. Проблемы и перспективы развития предприятий птицеводства в России // Птицеводство. 2025. № 4. С. 62-68. DOI: 10.33845/0033-3239-2025-74-4-62-68 EDN: JSSKYR

4. Баюров Л. И. Современное состояние и тенденции развития яичного и мясного направлений в перепеловодстве мира // Современные векторы развития науки, Краснодар, 2024. С. 263-265. EDN: NNBIXJ

5. Sugiharto, S., Pinyosnit, N. & Nuengjamnong, C. A review of dietary interventions to alleviate harmful effects of stress on poultry health and production. *Discov Sustain* 7, 258 (2026). DOI: 10.1007/s43621-025-02555-1 EDN: EBFDIY

6. Oke O. E., Oliyide K. M., Akosile O. A. et al. Innovations in Quail Welfare: Integrating Environmental Enrichment, Nutrition and Genetic Advances for Improved Health and Productivity // Veterinary Medicine and Science. 2025. Vol. 11, No. 4. P. e70424. DOI: 10.1002/vms3.70424 EDN: JCCZWK

7. Злепкина Н. А., Саломатин В. В., Варакин А. Т., Злепкин В. А. Эффективные биологически активные препараты для цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4. С. 119-125. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_4_119 EDN: MPABFY

8. Sultan A., Murtaza S., Naz S., Islam Z., Alrefae, A. F., Khan R. U., Chandrasekaran A. Live performance, nutrient digestibility, immune response and fecal microbial load modulation in Japanese quails fed a Bacillus-based probiotic alone or combination with xylanase // *Veterinary Quarterly*, 2024, *44*(1), 1-9. DOI: 10.1080/01652176.2024.2364641

9. Шитенкова Н. А., Саломатин В. В., Варакин А. Т., Коноблей Т. В. Влияние селена и пробиотика на мясную продуктивность цыплят-бройлеров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 85-90. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_1_85 EDN: CSZJSM

10. Злепкина Н. А., Саломатин В. В., Варакин А. Т., Злепкин В. А. Качество мяса цыплят-бройлеров при скармливании биологически активных препаратов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 83-88. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_3_83 EDN: THFFOV

11. Герасименко В. В., Сычева М. В., Еремина А. А. и др. Использование Enterococcus faecium RCAM05160 для повышения продуктивности перепелов // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 12. С. 45-48. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_12_45 EDN: HBLTRE

12. Герасименко В. В., Ежова О. Ю., Гончаров А. Г. и др. Пробиотическая кормовая добавка на основе микроорганизмов рода Enterococcus в рационе перепелов // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 8. С. 87-91. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_87 EDN: CFZDZP

13. Герасименко В. В., Ежова О. Ю., Мустафин Р. З. и др. Влияние кормовой добавки на основе микроорганизмов рода Enterococcus в комплексе с цеолитом на химический состав и питательность мышечной ткани цыплят-бройлеров // Достижения науки и техники АПК. 2025. Т. 39, № 10. С. 63-68. DOI: 10.53859/02352451_2025_39_10_63 EDN: YRTWIM

References

1. Erokhina A. V., & Sazonova I. A. (2025). Prospects for the Development of Quail Farming in Russia (Review). *Innovations, Modern Trends in the Development of Animal Husbandry and Zootechnical Science: Methods, Technologies, Environmental Safety of Production and Processing of Agricultural Products*, Saratov, 2025, 86-89. EDN: SFEYJI (in Russian).

2. Nazar, M. M. (2024). Problems and prospects of development of poultry farming in Russia. *Russian Journal of Management.* 12(1). 186-193. DOI: 10.29039/2409-6024-2024-12-1-186-193 EDN: QIMHXY (in Russian).

3. Gubanov, R. S. (2025). Problems and prospects of development of poultry enterprises in Russia. *Ptitsevodstvo.* 74(4). 62-68. DOI: 10.33845/0033-3239-2025-74-4-62-68 EDN: JSSKYR (in Russian).

4. Bayurov, L. I. (2024). Current state and development trends of egg and meat directions in world quail farming. *Modern vectors of science development.* Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. 263-265. EDN: NNBIXJ (in Russian).

5. Sugiharto, S., Pinyosnit, N. & Nuengjamnong, C. (2026). A review of dietary interventions to alleviate harmful effects of stress on poultry health and production. *Discov Sustain.* 7. 258. DOI: 10.1007/s43621-025-02555-1 EDN: EBFDIY

6. Oke, O. E., Oliyide, K. M., Akosile, O. A. & et al. (2025). Innovations in quail welfare: Integrating environmental enrichment, nutrition and genetic advances for improved health and productivity. *Veterinary Medicine and Science.* 11(4). e70424. DOI: 10.1002/vms3.70424 EDN: JCCZWK

7. Zlepkina, N. A., Salomatin, V. V., Varakin, A. T. & Zlepkin, V. A. (2023). Effective biologically active preparations for broiler chickens. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy).* 8(4). 119-125. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_4_119 EDN: MPABFY (in Russian).

8. Sultan, A., Murtaza, S., Naz, S., Islam, Z., Alrefaei, A. F., Khan, R. U., & Chandrasekaran, A. (2024). Live performance, nutrient digestibility, immune response and fecal microbial load modulation in Japanese quails fed a Bacillus-based probiotic alone or combination with xylanase. *Veterinary Quarterly*, *44*(1), 1-9. DOI: 10.1080/01652176.2024.2364641

9. Shitenkova, N. A., Salomatin, V. V., Varakin, A. T. & Konobley, T. V. (2023). Effect of selenium and probiotic on meat productivity of broiler chickens. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy).* 8(1). 85-90. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_1_85 EDN: CSZJSM (in Russian).

10. Zlepkina, N. A., Salomatin, V. V., Varakin, A. T. & Zlepkin, V. A. (2023). Meat quality of broiler chickens when feeding biologically active preparations. *Izvestija Samarskoi gosudarstvennoi selskokhozjaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy).* 8(3). 83-88. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_3_83 EDN: THFFOV (in Russian).

11. Gerasimenko, V. V., Sycheva, M. V., Eremina, A. A. & et al. (2023). Use of Enterococcus faecium RCAM05160 to increase the productivity of quails. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 37(12). 45-48. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_12_45 EDN: HBLTRE (in Russian).

12. Gerasimenko, V. V., Ezhova, O. Y., Goncharov, A. G. & et al. (2023). Probiotic feed additive based on microorganisms of the genus Enterococcus in the diet of quails. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 37(8). 87-91. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_87 EDN: CFZDZP (in Russian).

13. Gerasimenko, V. V., Ezhova, O. Y., Mustafin, R. Z. & et al. (2025). Effect of a feed additive based on microorganisms of the genus Enterococcus in combination with zeolite on the chemical composition and nutritional value of muscle tissue of broiler chickens. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 39(10). 63-68. DOI: 10.53859/02352451_2025_39_10_63 EDN: YRTWIM (in Russian).

Информация об авторах:

Вадим Владимирович Герасименко, доктор биологических наук, профессор;
ID: http://orcid.org/0000-0002-0163-2179, e-mail: probiotic_2005@mail.ru

Оксана Юрьевна Ежова✉, кандидат биологических наук, доцент;
ID: http://orcid.org/0000-0002-8785-8258, e-mail: oxsi-80@mail.ru

Рамис Зуфарович Мустафин, кандидат биологических наук, доцент;
ID: http://orcid.org/0000-0001-5217-6436, e-mail: mustafinrz@mail.ru

Лариса Николаевна Бакаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ID: http://orcid.org/0000-0001-6136-5044, e-mail: bakaeva.lora@mail.ru

Information about the authors:

Vadim V. Gerasimenko, Doctor of Biological Sciences, Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0002-0163-2179, e-mail: probiotic_2005@mail.ru

Oksana Yu. Ezhova✉, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0002-8785-8258, e-mail: oxsi-80@mail.ru

Ramis Z. Mustafin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0001-5217-6436, e-mail: mustafinrz@mail.ru

Larisa N. Bakaeva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6136-5044, e-mail: bakaeva.lora@mail.ru,

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no competing interests.

Статья поступила в редакцию 4.08.2026; одобрена после рецензирования 15.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 4.08.2026; approved after reviewing 15.09.2026; accepted for publication 30.099.2026.

Научная статья
УДК 619:615.9:547.2:615.454.1
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-90-95

ОСТРАЯ ПЕРОРАЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ НОВОЙ ПРОТИВОАКАРИЦИДНОЙ КОМПОЗИЦИИ АЗОМЕТИНА НА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫСАХ

Р. Р. Гиззатуллин[1]✉, Р. Р. Гиззатуллина[1], Г. М. Низамова[1], Т. М. Закиров[1]
[1] Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

Резюме: *Целью исследований являлось изучение острой токсичности новой фармацевтической композиции «А-14» на основе мази, синтезированной профессором Галкиной И.В. Действующим веществом композиции является азометин, к вспомогательным веществам относятся диоксометилтетрагидропиримидин и метилурацил. Работа выполнена в виварии кафедры эпизоотологии, паразитологии и патологической анатомии Казанской академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. В опытах на 90 нелинейных белых крысах, массой тела 180-220 г. разных половозрастных групп изучали параметры острой токсичности нового соединения азометина «А-14», обладающего акарицидным действием. Соединение вводили внутрижелудочно однократно в дозах 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 и 8000 мг/кг. Крысы контрольной группы лекарственное средство не получали, им вводили дистиллированную воду. Установили, что «А-14» в дозе 8000 мг/кг при однократном внутрижелудочном введении вызывал гибель 10 крыс. Тем не менее, в соответствии с ГОСТ 12.01.007-76, по параметрам острой токсичности данное средство относится к 4-ой категории опасности – веществам малоопасным. В течении опыта при применении соединение в дозах 1000-3000 мг/кг гибель животных не наблюдалась. При оценке гематологических показателей выявлено, что введение препарата в дозах 2000 и 3000 мг/кг приводило к снижению уровня эритроцитов и гемоглобина в крови белых крыс на 17 и 18 % соответственно по сравнению с контрольной группой. В то же время наблюдалось повышение содержания лейкоцитов и тромбоцитов – на 14 и 16 %.*

Ключевые слова: белые крысы, острая токсичность, $ЛД_{50}$, токсикология, лекарственное средство, соединение

Для цитирования: Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р., Низамова Г. М., Закиров Т. М. Острая пероральная токсичность новой противоакарицидной композиции азометина на лабораторных крысах // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 90-95. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-90-95

Original article

ACUTE ORAL TOXICITY OF AZOMETHIN NEW ANTI-ACARICID COMPOSITION IN LABORATORY RATS

R. R. Gizzatullin[1]✉, R. R. Gizzatullina[1], G. M. Nizamova[1], T. M. Zakirov[1]
[1] Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

Abstract. The purpose of the research was to study the acute toxicity of a new pharmaceutical composition "A-14" based on an ointment synthesized by Professor I.V. Galkina. The active ingredient of the drug is azometin, and the auxiliary substances include dioxomethyltetrahydropyrimidine and methyluracil. The work was carried out in the vivarium of the Department of Epizootiology, Parasitology, and Pathological Anatomy of the Bauman Kazan Academy of Veterinary Medicine. In experiments on 90 non-linear white rats weighing 180-220 g of different sex and age groups, the acute toxicity parameters of the new acaricidal compound A-14 were studied in accordance with the Guidelines for Preclinical Drug Research. The compound was administered intragastrically once at doses of 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, and 8000 mg/kg. The control group of rats did not receive the drug, and they were administered distilled water. It was found that A-14 at a dose of 8,000 mg/kg, administered once by gastric intubation, caused the death of 10 rats. However, according to GOST 12.01.007-76, this drug belongs to the 4th hazard category, which indicates that it is a low-hazard substance. During the experiment, no animal deaths were observed when the compound was administered at doses of 1000-3000 mg/kg. When hematological parameters were evaluated, it was found that administration of the drug at doses of 2000 and 3000 mg/kg led to a decrease in the levels of red blood cells and hemoglobin in the blood of white rats by 17 and 18%, respectively, compared to the control group. At the same time, an increase in the levels of white blood cells and platelets was observed, by 14 and 16%.

Keywords: white rats, acute toxicity, LD_{50}, toxicology, drug, compound

For citation: Gizzatullin, R. R., Gizzatullina, R. R., Nizamova, G. M. & Zakirov, T. M. (2026). Acute oral toxicity of azomethin new anti-acaricid composition in laboratory rats. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4. 90-95. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-90-95 (in Russian).

© Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р., Низамова Г. М., Закиров Т. М., 2026

Введение. В последние годы одной из значимых проблем в области ветеринарии и медицины стало широкое распространение кожных заболеваний, вызванных чесоточными клещами. Такая ситуация во многом связана с ослаблением естественных защитных сил организма и развитием иммунных нарушений, которые возникают на фоне ухудшения экологической обстановки и неправильного питания.

Для профилактики и лечения подобных заболеваний ветеринарные специалисты часто используют акарицидные препараты, основанные на фосфорорганических соединениях, таких как хлорофос, а также на производных гамма-изомера гексахлорана. Однако эти средства имеют ряд существенных недостатков. В первую очередь, они обладают высокой токсичностью как для животных, так и для человека, что вызывает опасения при их применении. Кроме того, длительное использование таких препаратов может привести к развитию отдалённых негативных эффектов [1-3].

Особое внимание уделяется тому, что некоторые из этих веществ обладают мутагенными свойствами, что ограничивает их использование. Несмотря на это, данные препараты продолжают применяться в ветеринарии из-за отсутствия более безопасных и эффективных альтернатив. Импортные лекарства, которые могли бы заменить традиционные средства, зачастую имеют высокую стоимость и могут вызывать серьёзные побочные реакции, что также сдерживает их широкое внедрение как в ветеринарной практике, так и в медицине человека.

В связи с этим возникает необходимость поиска новых лекарственных форм и оптимальных схем их применения, способных эффективно бороться с чесоточными, затрагивающими разные этапы паразитарного цикла и патологического процесса. Особое внимание уделяется разработке отечественных акарицидных композиций, которые сочетают высокую активность с минимальной токсичностью для сельскохозяйственных, промысловых и домашних животных [4].

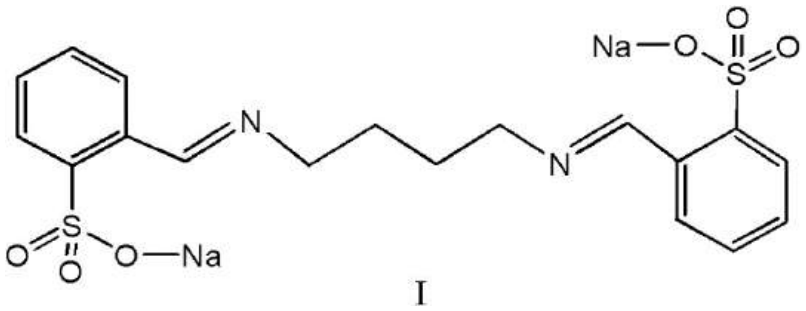
В ФГАОУ ВО КФУ доктором химических наук, профессором И. В. Галкиной была разработана инновационная композиция на основе азометина, представленная в форме мази, предназначенной для лечения кожных заболеваний туловища, головы и ушей животных, вызванных чесоточными клещами различных видов, включая Psoroptes cuniculi у кроликов, Psoroptes ovis у овец, Otodectes cynotis у крыс и Notoedres cati у кошек. Данная разработка является значительным шагом в направлении создания эффективных и безопасных средств для борьбы с эктопаразитами, учитывая широкий спектр их воздействия и разнообразие возбудителей.

Цель исследований – определение среднесмертельной дозы (LD^{50}) мази «А-14» по действующему веществу, что является необходимым этапом для оценки токсичности и безопасности препарата перед его внедрением в ветеринарную практику. Полученные данные позволят не только оптимизировать дозировки, но и разработать рекомендации по применению, минимизируя риск побочных эффектов и обеспечивая максимальную эффективность терапии.

Оценка острой токсичности нового лекарственного средства «А-14» проведена в соответствии с Федеральным законом от 12 апреля 2010 г. № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств» – важный этап доклинических испытаний, направленных на подтверждение безопасности новых лекарственных препаратов.

Материалы и методы исследований. Изучение токсикологических свойств композиции «А-14» проводили в виварии кафедры эпизоотологии, паразитологии и патологической анатомии Института «Казанской академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана» ФГБОУ ВО КГАУ на беспородных белых крысах, массой тела в среднем 180-220 г. В опытах использовали клинически здоровых животных, которые предварительно находились на 14-дневном карантине. Расчет параметров острой токсичности композиции «А-14» проводили в соответствии с Методическими рекомендациями по изучению общетоксического действия фармакологических веществ, по Р.У. Хабриеву (2005) [5]. В опытах при введении соединения в желудок использовали 90 белых беспородных мышей, которые были разделены на 9 групп по 10 животных. Им вводили композицию «А-14» в различных дозах: 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 и 8000 мг/кг массы тела по действующему веществу соответственно. Крысам контрольной группы внутрижелудочно однократно вводили дистиллированную воду в объеме 3 мл. Лекарственное средство «А-14» растворяли в воде и готовую суспензию вводили с помощью иглы с булавовидным утолщением в желудок натощак. Объем вводимой жидкости не превышал 3 мл на крысах. При введении лекарственного средства животных фиксировали в вертикальном положении с незначительно запрокинутой головой. Корм давали через два часа после введения фармацевтической композиции. Учитывали характер токсического действия: поведение, двигательную активность, состояние шерстного покрова, нарушение физиологических функций, динамика снижения массы тела и реакцию на внешние раздражители. Наблюдение за состоянием здоровья лабораторных животных проводилось в течение 14 дней [6, 7, 8].

Характеристика препарата. Предложенная акарицидная мазь класса азометинов состоит из нескольких действующих веществ (рис. 1), 2,2'-(1E,1'E)- (бутан-1,4-диилбис (азан-1-ил-1-илиден)) бис (метан-1-ил-1-илиден) дибензолсульфонат натрия формулы I, к вспомогательным веществам относятся метилурацил, в качестве растворителя применяют полиэтиленоксида-400.



I

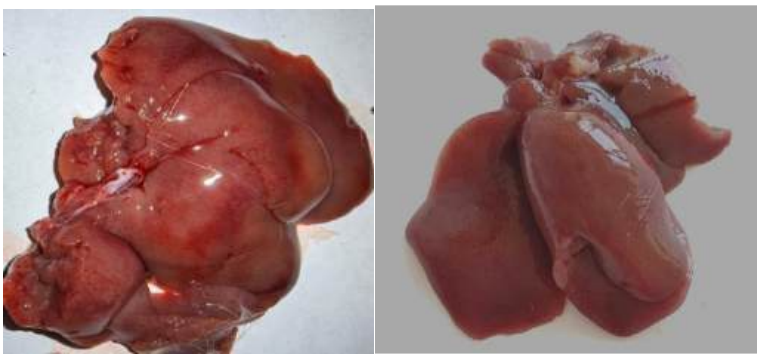
Рис. 1. Химическая структура (формула) композиции «S-4», состоящая из двух действующих частей: 4,6-динитро-5,7-дихлорбензофуроксан, н-гексадецилтрифенилфосфоний бромид– 0.1

Для оценки эффективности проведенной работы были изучены морфофункциональные показатели крови, включая уровень гемоглобина, количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. По окончании эксперимента, на 14-й день, у восьми групп животных с дозировками 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000 и 3000 мг/кг, где не наблюдалось падежа под воздействием наркотизации, забор крови осуществлялся из яремной вены. Кровь собирали в пробирки с антикоагулянтом для последующего анализа. После чего животные были умерщвлены гуманным способом, затем подвержены патологоанатомическому вскрытию для изучения внутренних органов. Исследования крови проводилось с использованием автоматического гематологического анализатора Mindray BC-2800Vet.

Все исследования проведены с учетом требований Директивы 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22.09.2010 по охране животных, используемых в научных целях [9] и Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях [10].

Статистическую достоверность различий между группами определяли по t-критерию Стьюдента при помощи компьютерной программы MicrosoftExelc использованием инструмента описательная статистика из «Пакета анализа» [11].

Результаты исследований. В результате проведенных исследований отметили, что на 2-е сутки после введения соединение в дозе 8000 мг/кг была зафиксирована гибель четырех крыс опытной группы, на 3-и сутки погибли оставшиеся шесть крысы (табл. 1). Перед гибелью у животных наблюдали признаки интоксикации: диарею, адинамию, клонические судороги, одышку, снижение реакции на внешние раздражители, выделения из глаз и носа красноватого цвета, снижение массы тела. При вскрытии павших крыс в различных дозах 5000-8000 мг/кг была отмечена умеренная гиперемия слизистой желудка, незначительное расширение сосудов головного мозга, кровоизлияния по ходу кровеносных сосудов, печень красно-коричневого цвета с блестящей поверхностью и единичными кровоизлияниями, в объеме была не увеличена (рис. 2). На разрезе определялась следующая картина: слабовыраженная зернистость органа, полнокровие почек, увеличение желудка; тонкий кишечник был наполнен содержимым слизистой консистенции желто-коричневого цвета; содержимое толстого кишечника представляло собой массу сметанообразной консистенции серо-зеленого цвета; сосуды брыжейки и серозных покровов желудка, кишечника инъецированы [12].



а *б*

Рис. 2. Печень крыс:
а – после введения лекарственного средства «А-14» в дозе 8000 мг/кг, *б* – контроль

Соединения в дозах 6000 мг/кг и 7000 мг/кг вызвал гибель пяти и восьми крыс на третьи сутки эксперимента. Перед гибелью у крыс наблюдали признаки интоксикации: диарею, снижение реакции на внешние раздражители, адинамию, увеличение объема живота при визуальном наблюдении и пальпации, снижение массы тела.

После введения крысам лекарственного средства в дозе 5000 мг/кг они старались уединиться, не пили воду, теряли подвижность, не реагировали на болевые, световые раздражители. Через 30-40 минут животные начинали двигаться. На 5 день из группы погибли 3 крысы.

После введения лекарственное средство крысам в дозе 4000 мг/кг животные проявляли беспокойство, потирали лапами мордочки, выгибали спину, отмечались взъерошенность шерстного покрова. Одна крыса погибла через 48 часов после введения соединения.

В течении опыта гибель животных при дозах соединение 1000-4000 мг/кг массы не отмечали. Животные контрольных групп были живы и клинически здоровы. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры острого токсического действия фармацевтической композиции «А-14» для крыс при внутрижелудочном введении

Доза, мг/кг	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
Выжило, голов	10	10	10	9	7	5	2	0
Пало, голов	0	0	0	1	3	5	8	10
Z	0	0	0	0,5	2	4	6,5	9
D	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Z*d	0	0	0	500	2000	4000	6500	9000

Обозначения:
Z – среднее арифметическое из числа животных, у которых отмечен учитываемый эффект под влиянием 2-х смежных доз;
D – интервал между двумя смежными дозами.
Расчет параметров токсичности по таблице 1.
$ЛД_{50} = ЛД_{100} – (\Sigma(ZxD)) / n = 8000 - 22000 : 10 = 5800$ мг/кг.

Установлено, что при однократном пероральном введении композиции «А-14» белым беспородным лабораторным крысам $ЛД_{50}$ составила более 5800 мг/кг.

В ходе анализа гематологических показателей было установлено, что с увеличением дозы соединения уровень гемоглобина в соответствующих группах постепенно снижался. Снижение уровня гемоглобина в дозах 500-900 мг/кг составила от 146,8±9,9 до 131,9±9,8 г/л, что меньше показателя контрольной группы на 3% и 12% соответственно (табл. 2). В группах 1000, 2000 и 3000 мг/кг изменения содержания гемоглобина в крови животных показали статистически значимые различия, которые составили 130,8±10,6, 127,9±9,7 и 123,3±9,9 г/л по сравнению с данными животных из группы контроля на 13, 15 и 18%.

Аналогичные изменения наблюдались и в отношении количества эритроцитов. Наименьшие значения показателя были зафиксированы при дозах 2000-3000 мг/кг, где они оказались ниже контрольных и составили 7,88±0,67 и 7,45±0,69×10^{12}/л (снижение на 13 и 17% соответственно).

При этом с увеличением дозы препарата отмечался постепенный рост числа лейкоцитов. В диапазоне доз 500-3000 мг/кг их количество варьировало от 9,85±0,66 до 11,21±0,68×10^{9}/л, что превышало показатели контрольной группы на 3 и 15%.

Таблица 2

Гематологические показатели крыс после введения лекарственного средства «А-14»

№ группы	Доза, мг/кг	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, 10^{12}/л	Лейкоциты, 10^{9}/л	Тромбоциты, 10^{9}/л
1	контроль	151,4±10,9	9,07±0,46	9,52±0,64	263,8±17,2
2	500	146,8±9,9	8,88±0,58	9,85±0,66	269,4±16,8
3	600	139,5±10,6	8,63±0,48	10,07±0,66	275,7±16,2
4	700	135,2±11,7	8,24±0,63	10,37±0,58	282,4±16,1
5	800	132,8±9,4	8,12±0,72	10,54±0,64	288,7±15,4
6	900	131,9±9,8	8,03±0,69	10,63±0,66	293,2±15,9
7	1000	130,8±10,6	8,94±0,71	10,77±0,69	297,2±16,8
8	2000	127,9±9,7	7,88±0,67	10,94±0,75	308,7±15,3
9	3000	123,3±9,9*	7,45±0,69*	11,21±0,68*	313,3±15,6*

*Примечание: * – уровень достоверности различия p ≤0,05*

Уровень тромбоцитов в крови белых крыс при введении доз в диапазоне 500-900 мг/кг увеличился с 269,4±16,8 до 293,2±15,9×10^{9}/л, что соответствует росту на 2-10%. В группах с более высокими дозами - 1000, 2000 и 3000 мг/кг - наблюдались статистически значимые повышения по сравнению с контрольной группой. В этих дозах показатели тромбоцитов составили соответственно 297,2±16,8, 308,7±15,3 и 313,3±15,6×10^{9}/л, что соответствует увеличению на 11%, 14% и 16%. Таким образом, повышение дозы препарата сопровождалось заметным и доза зависимым увеличением уровня тромбоцитов у белых крыс.

Обсуждение. Проведённые исследования показали, что фармацевтическая композиция «А-14» на основе азометина характеризуется низкой острой токсичностью при внутрижелудочном введении. Данный вывод подтверждается тем, что гибель животных наблюдалась лишь при максимальной испытанной дозе (8000 мг/кг), тогда как в диапазоне доз от 1000 до 3000 мг/кг летальных исходов зафиксировано не было.

Анализ гематологических изменений, выявленных в дозах 2000 и 3000 мг/кг, показал, что действие препарата сопровождается разнонаправленными сдвигами периферической крови. Установлено достоверное снижение уровня эритроцитов и гемоглобина, в то же время наблюдалось статистически значимое повышение содержания лейкоцитов и тромбоцитов относительно контрольных значений. Таким образом, гематологические изменения носят дозозависимый характер и свидетельствуют о развитии умеренной токсической реакции со стороны системы крови при введении препарата в субтоксических дозах.

Заключение. Экспериментальные исследования, проведённые на белых крысах, а также анализ соответствия препарата «А-14» требованиям ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», позволяют классифицировать данное соединение как вещество 4-го класса опасности, то есть относящееся к малоопасным. Гематологический анализ показал, что воздействие препарата вызывает различные изменения в показателях периферической крови, которые зависят от дозы. При увеличении дозы в диапазоне от 1000 до 3000 мг/кг наблюдается значительное снижение количества эритроцитов и уровня гемоглобина – на 17 и 18 % соответственно по сравнению с контрольной группой. В то же время количество лейкоцитов и тромбоцитов возрастает: уровень лейкоцитов увеличивается с 10,77±0,69 до 11,21±0,68×10⁹/л (примерно на 11 %), а число тромбоцитов - с 297,2±16,8 до 313,3±15,6×10⁹/л (около 16 %).

Список источников

1. Абрамов В. Е., Квичко Л. И., Архипов И. А., Сафарова М. И. К фармакотоксикологии цифлунита // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. 2013. № 14. С. 14-16. EDN: ZQPJEF

2. Зайцева А. В., Лутфуллин М. Х. Определение острой токсичности противопаразитарного препарата «СТОППАР» // Инноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития. 2023. С. 29-35. DOI: 10.33632/1998-698X2023568 EDN: AZMSZA

3. Лагерева Е. В., Абрамов В. Е. Острая пероральная токсичность супрамолекулярного комплекса на основе альбендазола и триклабендазола (Алтрик-Экстра) на лабораторных аутбредных мышах и крысах // Российский паразитологический журнал. Том.14. 2020. С.65-69. DOI: 10.31016/1998-8435-2020-14-1-64-69 EDN: MKPJNS

4. Nielsen MK. Anthelmintic Resistance in Equine Nematodes: Current Status and Emerging Trends. International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance. 2022; 20: 76-88. DOI: 10.1016/j.ijpddr.2022.10.005 EDN: NNLLTJ

5. Хабриев Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М., 2005. С. 501-514. ISBN: 5-225-04219-8 EDN: QCIIOB

6. Медетханов Ф. А. и др. Доклинические исследования общетоксических свойств средства 3-88 на белых крысах // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 242. №. 2. С. 112-115. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-242-2-112-115 EDN: QBBSWY

7. Новоселов О. Н., Медетханов Ф. А., Конакова И. А. Доклиническая оценка комплексного средства" N-98" на белых мышах // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2022. Т. 250. №. 2. С. 182-185. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_2_250_182 EDN: CQEUER

8. Гиззатуллин Р. Р., Гиззатуллина Р. Р., Муллакаев О. Т., Низамова Г. М., Фролов Г. С. Изучение кумулятивных свойств новой противоакарицидной композиции азометина на крысах // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11. № 3. С. 67-73. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-3-67-73 EDN: SQBFNF

9. Директива 2010/63/ЕС Европейского парламента и Совета от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых в научных целях (текст, имеющий отношение к ЕЭЗ) // Европейская комиссия: Брюссель, Бельгия, 2010.

10. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях // Серия Европейских договоров. Европейский союз, 1986. 11 с.

11. Халилов, А.Т., Ишенова К. С., Камбаров А. А. Microsoft Excel программасын колдонуу менен статистикалык маалыматтарды иштеп чыгуу ыкмалары // Бишкек мамлекеттик университетинин жарчысы. 2025. № 1(71). Р. 94-103. DOI: 10.35254/bsu/2025.71.15 EDN: KZHYNC

12. Мухаммадиева А. С. Фармако-токсикологическая оценка соединения «К-55» и его эффективность при гетеракидозе индоуток: диссертация на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Мухаммадиева Алина Сергеевна, 2024. 148 с. EDN: DMFHNP

References

1. Abramov, V. E., Kvichko, L. I., Arkhipov, I. A. & Safarova, M. I. (2013). To the Pharmacotoxicology of Tsiflunit. *Theory and Practice of Parasitic Diseases Control.* 14. 14-16. EDN: ZQPJEF (in Russian).

2. Zaitseva, A. V. & Lutfullin, M. Kh. (2023). Determination of Acute Toxicity of the Antiparasitic Drug Stoppar. *Innovation in the Modern World: Experience, Problems, and Development Prospects: Collection of Scientific Articles Based on the Materials of the 10th International Scientific and Practical Conference*. Ufa. 1. 29-35. DOI: 10.33632/1998-698X2023568 EDN: AZMSZA (in Russian).

3. Lagereva, E. V. & Abramov, V. E. (2020). Acute Oral Toxicity of a Supramolecular Complex Based on Albendazole and Triklabendazole (Altrick-Extra) in Laboratory Outbred Mice and Rats. *Russian Parasitological Journal*. 14. 65-69. DOI: 10.31016/1998-8435-2020-14-1-64-69 EDN: MKPJNS (in Russian).

4. Nielsen MK. (2022). Anthelmintic Resistance in Equine Nematodes: Current Status and Emerging Trends. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 20: 76-88. DOI: 10.1016/j.ijpddr.2022.10.005 EDN: NNLLTJ

5. Khabriev, R.U. Guidelines for the experimental (preclinical) study of new pharmacological substances. Moscow, 2005. 501-514. ISBN: 5-225-04219-8 EDN: QCIIOB (in Russian).

6. Medetkhanov, F. A. Sofronov, V. G., Papunidi, E. K. & et al. (2020). Preclinical studies of the general toxic properties of Z-88 on white rats. *Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 242(2):112-115. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-242-2-112-115 EDN: QBBSWY (in Russian).

7. Novoselov, O. N., Medetkhanov, F. A. & Konakova, I. A. (2022). Preclinical evaluation of the complex remedy "N-98" on white mice. *Scientific Notes of the N.E. Bauman Kazan State Academy of Veterinary Medicine*.; 250(2):182-185. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_2_250_182 EDN: CQEUER (in Russian).

8. Gizzatullin, R. R., Gizzatullina, R. R., Mullakaev, O. T., Nizamova, G. M. & Frolov, G. S. (2026). Study of cumulative properties of a new azomethine anti-acaricide composition in rats. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy),* 11, 3, 67-73. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-3-67-73 EDN: SQBFNF (In Russian).

9. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes (Text with EEA relevance). European Commission: Brussels, Belgium, 2010.

10. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes. *European Treaty Series*. European Union, 1986. 11.

11. Khalilov, A. T., Ishenova, K. S. & Kambarov, A. A. (2025). Statistical data processing methods using Microsoft Excel. *Bulletin of BSPU*. 1(71). 94-103. DOI: 10.35254/bsu/2025.71.15 EDN: KZHYNC (in Kyrgyz).

12. Mukhammadieva, A. S. (2024). Pharmaco-toxicological assessment of the compound "K-55" and its effectiveness in the heterakidosis of Muscovy ducks: *dissertation for the degree of Candidate of Veterinary Sciences* / Mukhammadieva Alina Sergeevna. 148. EDN: DMFHNP (in Russian).

Информация об авторах:

Рамис Разяпович Гиззатуллин✉, кандидат ветеринарных наук, доцент;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6525-7075, e-mail: gizzatullin.1987@bk.ru

Рамия Разяповна Гиззатуллина, кандидат ветеринарных наук, старший преподаватель;
ID: http://orcid.org/0000-0001-5408-8229, e-mail: gizzatullina.miya@bk.ru

Гульнар Мидахатовна Низамова, кандидат биологических наук, доцент;
ID: http://orcid.org/0000-0002-5718-3050, e-mail: nizamovagulnar@mail.ru

Тагир Мунирович Закиров, кандидат биологических наук, доцент;
ID: http://orcid.org/0000-0003-0448-8026, e-mail: tagir0410907@mail.ru

Information about the authors:

Ramis R. Gizzatullin✉, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6525-7075, e-mail: gizzatullin.1987@bk.ru

Ramiya R. Gizzatullina, Candidate of Veterinary Sciences, Senior lecturer;
ID: http://orcid.org/0000-0001-5408-8229, e-mail: gizzatullina.miya@bk.ru

Gulnar M. Nizamova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0002-5718-3050, e-mail: nizamovagulnar@mail.ru

Tagir M. Zakirov, Candidate of Biological Sciences and an Associate Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0003-0448-8026, e-mail: tagir0410907@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.07.2026; одобрена после рецензирования 15.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 16.07.2026; approved after reviewing 15.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 619:618.46
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-96-100

КОНСЕРВАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ КОРОВ ПРИ ЗАДЕРЖАНИИ ПОСЛЕДА

***А. М. Семиволос*[1]✉, *С. А. Семиволос*[1]**
[1] Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, Саратов, Россия.

Резюме. *Цель исследований – изучить сравнительную терапевтическую эффективность консервативных методов отделения задержавшегося последа у коров. Опыт проводился на коровах с задержанием последа. Изучена эффективность применения миотропных препаратов (Утеротоник и Утерон Форте) для отделения последа у коров. Если после стимуляции миотропной функции коров Утеротоником отделение последа активнее наступало в первые 6 часов после введения препарата - 35,3%, тогда как через 7-24 часа отделение плодных оболочек существенно снизилось (до 5,88%). Затем, с 25 по 48 час фиксировали новую волну отделения последа – 17,65%, а с 49 по 72 час зарегистрировали отделение последа еще у 11,76% самок. Всего в данной опытной группе отделение задержавшегося последа установлено у 70,59% самок. После применения препарата Утеротон Форте в первые 6 часов послед отделился у 47,06%, что на 11,76% выше по сравнению с использованием препарата Утеротоник. Однако в более поздние сроки (25-72 час) отделения последа не произошло. Всего в этой опытной группе эффективность отделения последа наступило только у 58,82% самок (при p≤0,05). После отделения последа у коров препаратом Утеротоник за 3 половых цикла оплодотворение после осеменения оказалось на 11,77% выше по сравнению с применением препарата Утеротон Форте с достоверно лучшим индексом осеменения (2,8±0,01 против 3,3±0,01). Авторы пришли к заключению, что использование Утеротоника более предпочтительно, поскольку данный препарат не только отделяет послед у большего числа животных, но и обеспечивает более высокую эффективность осеменения коров, что очень важно для производителей товарного молока.*

Ключевые слова: утеротоник, оплодотворяемость, утеротон форте, задержание последа

Для цитирования: Семиволос А. М., Семиволос С. А. Консервативные методы лечения коров при задержании последа // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 96-100. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-96-100

Original article

CONSERVATIVE TREATMENT METHODS FOR COWS WITH RETAINED PLACENTA

***A. M. Semivolos*[1]✉, *S. A. Semivolos*[1]**
[1] Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia.

Abstract. The purpose of the research is to study the comparative therapeutic effectiveness of conservative methods for separating retained placenta in cows. The study was conducted on cows with retained placenta. The effectiveness of using myotropic drugs (Uterotonik and Uteron Forte) for separating retained placenta in cows was investigated. If, after stimulation of the myotropic function of cows with a Uterotonic, the separation of the placenta occurred more actively in the first 6 hours after administration of the drug - 35.3%, whereas after 7-24 hours the separation of the membranes decreased significantly (to 5.88%). Then, from 25 to 48 hours, a new wave of placenta separation was recorded -17.65%, and from 49 to 72 hours, afterbirth separation was recorded in another 11.76% of females. In total, 70.59% of the females in this experimental group had retained placenta. After using Uteroton Forte, 47.06% of the females had retained placenta within the first 6 hours, which is 11.76% higher than using Uteroton. However, at a later time (25-72 hours), the placenta did not separate. In this experimental group, only 58.82% of the females had effective placenta separation (p≤0.05). After the separation of the placenta in cows, the use of Uterotonik resulted in a 11.77% increase in fertilization after insemination compared to the use of Uteroton Forte, with a significantly better insemination index (2.8±0.01 vs. 3.3±0.01). The authors concluded that the use of Uterotonik is more preferable, as this drug not only separates the placenta from a greater number of animals, but also ensures higher efficiency of insemination of cows, which is very important for commercial milk producers.

Keywords: uterotonics, fertilization, Uteroton forte, retained placenta

For citation: Semivolos, A. M. & Semivolos, S. A. (2026). Conservative treatment methods for cows with retained placenta. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4, 96-100. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-96-100 (in Russian).

© Семиволос А. М., Семиволос С. А., 2026

Введение. Патология родов у коров регистрируется довольно часто. Однако доминирующее место многие годы во всех странах мира занимает задержание последа. Главная опасность данного заболевания заключается в том, что после задержания последа очень часто возникают различные формы эндометрита, которые по данным многих исследователей неизбежно приводят к длительному бесплодию и снижению молочной продуктивности коров, а иногда и преждевременной выбраковке животных [1].

По результатам экспериментальных исследований ряда авторов, задержание последа регистрируют у 30-56% в последовую стадию родов, а основными причинами возникновения задержания последа у коров считают не только ослабление сократительной функции миометрия, но и многоплодие самок, поскольку при многоплодии данная патология регистрируется в 4,6 раза чаще, чем при одноплодной беременности и достигает более 50% [2].

Общепризнано использовать для терапии коров с задержанием последа в основном консервативные методы, основанные на усилении миотропной функции [11, 12]. Так по материалам [3] установлено, что использование для отделения задержавшегося последа у коров препаратов: «Гистеросан», «Утеросептоник - супер» и «Утеросептоник ЛС\ТГ оказалось более эффективным по сравнению с оперативным методом, поскольку оплодотворяемость самок после осеменения повысилась на 15,5%.

Исследованиями [4] более высокой эффективностью обладает применение метростима в комбинации с энрофлоном. Послед отделяется у 64,7% коров, а оплодотворяемость самок достигает 76,5% при индексе осеменения 1,6.

Положительные результаты по лечению коров с задержанием последа были получены после введения в течение пяти суток антибактериального препарата Цефтиомик подкожно в дозе 10 мл, препарата Бутофан внутримышечно, в дозе 20 мл и ежедневного (два раза в день), массажа матки по 3-5 мин в течение пяти суток. Такое комплексное лечение приводило к существенному сокращению дней бесплодия у коров и уменьшало экономический ущерб [5].

Некоторые исследователи [6] предестерегают от широкого применения только гормональных препаратов, стимулирующих сократительную способность миометрия и рекомендуют использовать комплексные методы терапии. В частности, после применения новокаиновой блокады по Фатееву в сочетании с утеротоном, мультивитом, оксилатом отмечали не только отделение последа у большего числа коров, но и повышение оплодотворяемости самок на 14%, а экономическая эффективность на рубль затрат оказалась в 2,3 раза выше по сравнению с использованием эстрофана в комбинации с мультивитом.

Рядом отечественных и зарубежных авторов в качестве лечебных и профилактических мероприятий предлагается очень широкий спектр лекарственных препаратов при задержании последа у коров, но не все они отвечают запросам ветеринарных специалистов хозяйств [7, 8, 9, 10], что и послужило основанием в проведении нами экспериментальных исследований для решения данной проблемы.

Цель исследований – изучить сравнительную терапевтическую эффективность консервативных методов отделения задержавшегося последа у коров**.**

Задачи исследований – установить терапевтическую эффективность препаратов утеротоник и утеротон форте при отделении задержавшегося последа у коров и оплодотворяемость самок после отделения последа различными методами.

Материал и методы исследований. Материалом для исследования служили коровы с задержанием последа, которые принадлежали УНПО Саратовской области. Диагноз на задержание последа ставили на основании клинических наблюдений, вагинального и ректального исследований при условии, что плодные оболочки не отделились в течение 6 часов после выведения плода. При изучении терапевтической эффективности различных препаратов сформировали по принципу аналогов 2 опытные группы коров с неполным задержанием последа.

Животным первой опытной группы (n=17) внутримышечно вводили препарат Утеротоник в дозе 10 мл. Если послед не отделился, то еще дважды вводили данный препарат с интервалом 24 часа. Действующее вещество – карбетоцин. Производитель – фирма “ЦИЭХ-Польфа”, Польша.

Для лечения коровам второй опытной группы однократно, внутримышечно, вводили препарат Утеротон Форте (n=17). Действующее вещество: пропранолола гидрохлорид и окситоцин. Производитель – ООО НИТА-ФАРМ.

Если у коров опытных групп после использования консервативных методов отделения последа не наступило, то применяли оперативный метод.

Клинические наблюдения за животными осуществляли в течение 90 дней. Учитывали сроки отделения последа, проявление стадии возбуждения полового цикла, а также результаты оплодотворяемости коров после искусственного осеменения спермой, сохраняемой в жидком азоте.

Статистическую обработку полученных данных выполняли, используя Microsoft Excel.

Результаты исследований. Клинические наблюдения и исследования показали, что у 133 коров после выведения плода задержание последа установлено у 69 самок (52,63%).

Анализ встречаемости данной патологии родов показал, что если полное задержание последа регистрировали только у 3,01%, то неполное - в 16,25 раза чаще (таблица 1).

Таблица 1

Задержание последа у коров

Количество коров после выведения плода	Задержание последа					
	полное		неполное		всего	
	гол	%	гол	%	гол	%
133	4	3,01	65	48,87	69	52,63

Отделение задержавшегося последа в опытных группах имели заметные отличия в зависимости от применямых лекарственных препаратов (табл. 2).

Если после стимуляции миотропной функции коров Утеротоником отделение последа активнее наступало в первые 6 часов после введения препарата – 35,3%, тогда как через 7-24 часа отделение последа существенно снизилось до 5,88%. Затем, с 25 по 48 час фиксировали новую волну отделения последа – 17,65%, а с 49 по 72 час зарегистрировали отделение последа еще у 2 коров (11,76%). Всего в данной опытной группе отделение задержавшегося последа установлено у 70,59%.

После применения препарата Утеротон форте в первые 6 часов послед отделился у 47,06%, что на 11,76% выше по сравнению с использованием препарата Утеротоник. Однако в более поздние сроки (25-72 час) отделения последа не произошло. Всего в этой опытной группе эффективность отделения последа составила только 58,82% (при $p \leq 0,05$).

Материалы проведенных исследований позволяют предположить, что предусмотренное инструкцией только однократное введение препарата Утеротон Форте является недостаточным, поскольку возможность введения Утеротоника с интервалом 24 часа могло бы привести к более высокой терапевтической эффективности отделения задержавшегося последа у коров.

Таблица 2

Эффективность лечения коров при задержании последа (n=17)

Метод лечения	Послед отделился (час)										Всего
	до 1 час		2-6		7-24		25-48		49-72		
	гол	%	гол	%	гол	%	гол	%	гол	%	%
Утеротоник	3	17,65	3	17,65	1	5,88	3	17,65	2	11,76	70,59
Утеротон Форте	3	17,65	5	29,41	2	11,76	-	-	-	-	58,82*

*Примечание: *p≤0,05*

Важнейшим показателем эффективности проводимых лечебно-профилактических мероприятий является оплодотворяемость самок.

Из таблицы 3 видно, что после отделения последа у коров препаратом Утеротоник за 3 половых цикла оплодотворение после осеменения оказалось на 17,65% выше по сравнению с отделением последа препаратом Утеротон Форте с достоверно ($p<0,05$) лучшим индексом осеменения (2,54±0,01 против 3,3±0,01). Индекс осеменения считается критерием эффективности осеменения животных. Следовательно, эффективность осеменения коров, которым для отделения задержавшегося последа использовали Утеротоник оказалась в 1,3 раза выше по сравнению с применением препарата Утеротон Форте.

Таблица 3

Результаты оплодотворяемости коров при различных методах отделения задержавшегося последа (n=17)

Метод лечения	Оплодотворилось		Индекс осеменения
	гол	%	
Утеротоник	13	76,47	2,54±0,01*
Утеротон Форте	10	58,82	3,3±0,01

Примечание: p≤0,05 по сравнению с препаратом Утеротон форте*

Следует отметить, что в опытной группе коров, которым применяли Утеротоник послед не отделился у 5 самок и возникла необходимость его отделения оперативным методом, после чего у одной коровы возникла острая катарально-гнойная форма эндометрита.

После лечения коров препаратом Утеротон Форте оперативным методом пришлось отделять послед у 7 животных, после чего у 3 самок наблюдали возникновение катарально-гнойного эндометрита, что сказалось на результатах оплодотворяемости и индексе осеменения животных за время эксперимента.

Заключение. Наиболее эффективным методом консервативного отделения задержавшегося последа у коров следует считать использование препарата Утеротоник, который не только отделяет послед у большего числа животных, но и повышает эффективность осеменения животных на 11,77%. Кроме того, полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что отечественные препараты для отделения задержавшегося последа у коров не уступают по эффективности зарубежным и при этом снижают зависимость нашей страны от импорта лекарственных средств для ветеринарии.

Список источников

1. Богрец Р. О., Баркова А. С. Задержание последа у крупного рогатого скота // Молодежь и наука. 2017. № 1. С.11 -15. EDN: XXLXGD

2. Медведев Г. Ф., Гавриченко Н. И., Бегунов В. С. (2003). Этиология и лечение задержания последа у коров // Проблемы акушерско-гинекологической патологии и воспроизводства сельскохозяйственных животных : материалы междунар. науч.-практ. конф., 2003. С. 11-17.

3. Медведев Г. Ф., Гавриченко Н. И., Ходыкин Д. С. Задержание последа у коров // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». 2017. Т. 53. Вып. 2. С. 99-103. EDN: ZHUAVB

4. Семиволос А. М., Агольцов В. А. [и др.]. Оценка методов отделения задержавшегося последа у коров // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 81-84. DOI: 10.28983/asj.y2023i4pp81-84 EDN: ZZCKRC

5. Нехайчик Ф., Валиуллина Д. [и др.]. Эффективный метод лечения коров с задержанием последа //Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2024. № 7 (220). С. 28 -34. EDN: BMJRTC

6. Журавель Н. А., Сиренко С. В., Родионова И. А., Журавель В. В. Оценка экономической эффективности ветеринарных мероприятий, включающих лечение и профилактику задержания последа у коров // Актуальные вопросы аграрной науки: Сборник трудов. Нижний Новгород: Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 43-46. EDN: PMOPKR

7. Юровских Е. Ю. Сравнительная характеристика схем лечения задержания последа у коров на молочнотоварной ферме // Молодежь и наука. 2019. № 9. С.46-48. EDN: FAXOPY

8. Иванюк В. П., Бобкова Г. Н. Этиопатогенез послеродовых эндометритов у коров // Известия Оренбургского ГАУ. 2022. № 2. С. 191-195. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-191-195 EDN: NWBDZR

9. Amin Y., Zakaria A., Hasan A. The efficacy of treatment of retained placenta with chlortetracycline and oxytetracycline through local intrauterine route in dairy cows // Journal of Animal Health and Production. 2021. Vol. 9(2). P. 100-106. DOI: 10.17582/journal.jahp/2021/9.2.100.106 EDN: RXXGRL

10. Bajcsy Á. C. [et al.] The effect of a single oxytocin or carbetocin treatment on uterine contractility in early postpartum dairy cows // Theriogenology. 2006. Vol. 65(2). P. 400-414. DOI: 10.175821/Journal.jahp/2021/9.2.100.106

References

1. Bogrets, R. O. & Barkova, A. S. (2017). Retention of the afterbirth in cattle. *Molodezh i nauka*. 1. 11-15. EDN: XXLXGD (in Russian).

2. Medvedev, G. F., Gavrichenko, N. I., & Begunov, V. S. (2003). Etiology and treatment of retained placenta in cows. *Problems of obstetric and gynecological pathology and reproduction of farm animals: materials of the International scientific and practical conference.* 11-17. (in Russian).

3. Medvedev, G. F., Gavrichenko, N. I. & Khodykin, D. S. (2017). Retention of the afterbirth in cows. *Scientific Notes of the Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine.* 53. 2. 99-103. EDN: ZHUAVB (in Russian).

4. Semivolos, A. M., Agoltsov, V. A. & et al. (2023). Evaluation of methods for separating retained afterbirth in cows. *Agrarian Scientific Journal*. 4. 81-84. DOI: 10.28983/asj.y2023i4pp81-84 EDN: ZZCKRC (in Russian).

5. Nekhaychik, F., Valiullina, D. & et al. (2024). An effective method of treating cows with retained placenta. *Veterinary Medicine of Farm Animals.* 7 (220). 28-34. EDN: BMJRTC (in Russian).

6. Zhuravel N. A., Sirenko S. V., Rodionova I. A., Zhuravel V. V. (2023). Assessment of the economic efficiency of veterinary measures, including the treatment and prevention of retained placenta in cows. *Current Issues of Agrarian Science* : collection of Works. Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 43-46. EDN: PMOPKR (in Russian).

7. Yurovskikh, E. Yu. (2019). Comparative Characteristics of Treatment Schemes for Retained Placenta in Cows on a Dairy Far. *Molodezh i Nauka*. 9. 46-48. EDN: FAXOPY (in Russian).

8. Ivanyuk, V. P. & Bobkova, G. N. (2022). Etiopathogenesis of Postpartum Endometritis in Cows. *Izvestiya Orenburgskogo GAU.* 2. 191-195. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-191-195 EDN: NWBDZR (in Russian).

9. Amin, Yu., Zakaria. A. & Hasan, A. (2021). The Effectiveness of Treating Retained Placenta with Chlorotetracycline and Oxytetracycline by Local Intrauterine Administration in Dairy Cows. *Journal of Animal Health and Production*. 9(2). 100-106. DOI: 10.17582/journal.jahp/2021/9.2.100.106 EDN: RXXGRL

10. Baichi, A. S. [et al.] (2006). The effect of a single dose of oxytocin or carbetocin on the uterine contractility of dairy cows in the early postpartum period. *Teriogenologiya*. 65(2). 400-414. DOI: 10.175821/Journal.jahp/2021/9.2.100.106

Информация об авторах:

Александр Мефодьевич Семиволос✉, доктор ветеринарных наук, профессор;
ID: https://orcid.org/0009-0003-7267-3503, e-mail: semivolos-am@yandex.ru

Сергей Александрович Семиволос, кандидат ветеринарных наук, доцент;
ID: https://orcid.org/0009-0002-9364-5811, e-mail: ssemivolos@mail.ru

Information about the authors:

Alexander M. Semivolos✉, Doctor of Veterinary Sciences, Professor;
ID: https://orcid.org/0009-0003-7267-3503, e-mail: semivolos-am@yandex.ru

Sergey A. Semivolos, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor;
ID: https://orcid.org/0009-0002-9364-5811, e-mail: ssemivolos@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.
The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.08.2026; одобрена после рецензирования 18.09.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 14.08.2026; approved after reviewing 18.09.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Научная статья
УДК 636.5.033.087.7
https://doi.org/10.55170/1997-3225-2026-11-4-101-106

БЕЛКОВЫЙ МЕТАБОЛИЗМ У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ВЫПАИВАНИИ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

О. А. Пехтелева[1], В. В. Саломатин[1], Т. В. Коноблей[1], А. Т. Варакин[1]✉
[1] Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия.

Резюме. *Цель исследований – улучшение обменных процессов у цыплят-бройлеров путём введения в питьевую воду кормовой добавки Ветвигор и природного бишофита (волгоградского месторождения). В суточном возрасте по методу аналогов сформировали контрольную и 3 опытные группы цыплят-бройлеров кросса «Росс-308» по 100 голов в каждой. Продолжительность эксперимента составила 40 дней. Согласно фазам выращивания, контрольной группе и опытным группам бройлеров скармливали соответствующие полнорационные комбикорма (ПК): ПК-0 – с 1-го дня жизни по 10-й; ПК-2 – с 11-го по 15-й; ПК-5 - с 16-го по 25-й; ПК-6 - с 26-го по 32-й; ПК-7 – с 33-го по 40-й. Вместе с этим птице 1-й опытной группы в дополнение выпаивали испытуемые кормовые добавки: Ветвигор - из расчёта 3 мл на 1 л воды в возрасте 5-10, 21-26 суток и природный бишофит в период выращивания – в количестве 0,5 л на 1 т воды; 2-й опытной группы соответственно – 3 мл и 1,5 л; 3-й опытной группы – 3 мл и 2,5 л. Подопытные бройлеры сравниваемых групп имели одинаковые условия содержания. В результате исследований установлено, что содержание общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп было больше, чем в контроле, соответственно на 0,74; 1,92 (P<0,01) и 1,12 г/л (P<0,05), альбуминов – на 0,44; 1,13 (P<0,01) и 0,68 г/л (P<0,05), глобулинов – на 0,30; 0,79 (P<0,01) и 0,44 г/л. У молодняка птицы опытных групп, по сравнению с цыплятами контрольной группы, также был выше белковый индекс сыворотки крови и активность АСТ (аспартатаминотрансферазы) и АЛТ (аланинаминотрансферазы). Следовательно, выпаивание бройлерам опытных групп кормовых добавок Ветвигор и бишофита способствует активизации белкового обмена. Более интенсивный уровень белкового метаболизма был установлен у цыплят-бройлеров 2 опытной группы.*

Ключевые слова: бройлеры, комбикорм, вода, Ветвигор, бишофит, белковый метаболизм

Для цитирования: Пехтелева О. А., Саломатин В. В., Коноблей Т. В., Варакин А. Т. Белковый метаболизм у цыплят-бройлеров при выпаивании кормовых добавок // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. Т. 11, № 4. С. 101-106. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-101-106

Original article

PROTEIN METABOLISM IN BROILER CHICKENS DURING LIQUID FEED ADDITIVE ADMINISTRATION

O. A. Pekhteleva[1], V. V. Salomatin[1], T. V. Konobley[1], A. T. Varakin[1]✉
[1] Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia.

Abstract. The purpose of the research is to improve metabolic processes in broiler chickens by introducing the Vetvigor feed additive and natural bischofite (from the Volgograd deposit) into drinking water. At the age of one day, using the analog method, a control and 3 experimental groups of broiler chickens of the Ross-308 cross were formed, with 100 heads in each. The duration of the experiment was 40 days. According to the growing phases, the control and experimental groups of broilers were fed the corresponding complete feeds (PC): PC-0 – from the 1st day of life to the 10th; PC-2 – from the 11th to the 15th; PC-5 – from the 16th to the 25th; PC-6 – from the 26th to the 32nd; PC-7 – from the 33rd to the 40th. In addition, the birds of the 1st experimental group were given the following test feed additives: Vetvigor at the rate of 3 ml per 1 liter of water at the age of 5-10, 21-26 days and natural bischofite during the growing period in the amount of 0.5 l per 1 ton of water; 2nd experimental group, respectively 3 ml and 1.5 l; 3rd experimental group 3 ml and 2.5 l. The experimental broilers of the compared groups had the same conditions of keeping. As a result of the research it was established that the content of total protein in the blood serum of broiler chickens of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups was higher than in the control by 0.74; 1.92 (P<0.01) and 1.12 g/l (P<0.05), respectively, albumins by 0.44; 1.13 (P<0.01) and 0.68 g/l (P<0.05), globulins by 0.30; 0.79 (P<0.01) and 0.44 g/l. The young birds of the experimental groups, compared with the chickens of the control group, the serum protein index and the activity of AST (aspartate aminotransferase) and ALT (alanine aminotransferase) were also higher. Consequently, feeding broilers from experimental groups with feed additives Vetvigor and bischofite promotes the activation of protein metabolism. The most intensive level of protein metabolism was established in broiler chickens of the 2nd experimental group.

Keywords: broilers, compound feed, water, Vetvigor, bischofite, protein metabolism

© Пехтелева О. А., Саломатин В. В., Коноблей Т. В., Варакин А. Т., 2026

For citation: Pekhteleva, O. A., Salomatin, V. V., Konobley, T. V. & Varakin, A. T. (2026). Protein metabolism in broiler chickens during liquid feed additive administration. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*. 11, 4, 101-106. DOI: 10.55170/1997-3225-2026-11-4-101-106 (in Russian).

Введение. Ведение эффективного животноводства предусматривает улучшение уровня биологической полноценности кормления, что находит положительное отражение на физиологических показателях [1] и функции размножения животных [2-4], их продуктивности [5].

Так, в последнее время большое значение придаётся использованию в кормлении птицы экологически безопасных биологически активных кормовых добавок и препаратов, положительно влияющих на её продуктивность [6-8].

Возможность достичь успешных результатов на этапе урегулирования физиологических процессов в организме птицы повышается при введении в рацион биологически активных добавок, которые способствуют снижению потерь и эффективному использованию дефицитных и дорогостоящих сырьевых ресурсов – кормов [9].

С этой точки зрения заслуживают внимания кормовые добавки: Ветвигор и природный бишофит.

Кормовая добавка Ветвигор содержит в качестве активных веществ: L-карнитин гидрохлорид, сульфат магния, экстракт эхинацеи и вспомогательные вещества.

Природный бишофит – минерал, основу которого составляет хлорид магния с комплексом жизненно необходимых макро- и микроэлементов.

Исследователи сообщают о положительном влиянии на показатели состава крови введения природного бишофита в корм животным [10].

Цель исследований – улучшение обменных процессов у цыплят-бройлеров путём введения в питьевую воду кормовой добавки Ветвигор и природного бишофита (волгоградского месторождения).

Задачи исследований – изучить влияние добавок Ветвигор и бишофита на биохимические показатели сыворотки крови, отражающие белковый обмен у цыплят-бройлеров.

Материал и методы исследований. Научно-хозяйственный опыт проведён в условиях АО «Птицефабрика Краснодонская» Иловлинского района Волгоградской области на цыплятах-бройлерах кросса «Росс-308». Продолжительность исследований составила 40 дней.

В суточном возрасте по методу аналогов сформировали контрольную и 3 опытные группы по 100 голов в каждой.

Согласно фазам выращивания, контрольной группе и опытным группам бройлеров скармливали полнорационные комбикорма: ПК-0 – с 1-го дня жизни по 10-й; ПК-2 – с 11-го по 15-й; ПК-5 с 16-го по 25-й; ПК-6 с 26-го по 32-й; ПК-7 – с 33-го по 40-й.

Плотность посадки, фронты кормления и поения, параметры микроклимата и режим освещения у подопытной птицы были одинаковыми. Разница заключалась в том, что цыплятам-бройлерам опытных групп дополнительно вводили кормовые добавки Ветвигор и природный бишофит, согласно схеме опыта (таблица 1).

Таблица 1

Схема опыта

Группа	Количество цыплят-бройлеров, голов	Продолжительность выращивания, дней	Характер кормления цыплят-бройлеров
Контрольная	100	40	Полнорационный комбикорм (ПК)
1-я опытная	100	40	ПК + 3 мл кормовой добавки Ветвигор на 1 л воды в возрасте 5-10, 21-26 суток + 0,5 л бишофита на 1 т воды в период выращивания
2-я опытная	100	40	ПК + 3 мл кормовой добавки Ветвигор на 1 л воды в возрасте 5-10, 21-26 суток + 1,5 л бишофита на 1 т воды в период выращивания
3-я опытная	100	40	ПК + 3 мл кормовой добавки Ветвигор на 1 л воды в возрасте 5-10, 21-26 суток + 2,5 л бишофита на 1 т воды в период выращивания

Цыплята-бройлеры всех групп при напольном содержании размещались на подстилке в специально отгороженных секциях, с плотностью посадки 22 головы на м^2. Выращивание бройлеров осуществлялось по технологии предприятия АО «Птицефабрика Краснодонская».

Забор крови у подопытной птицы был проведён в 40-дневном возрасте из подкрыльцовой вены на внутренней стороне крыла. Биохимические показатели сыворотки крови, отражающие белковый обмен у бройлеров, определяли по общепринятым методикам.

Полученные опытные данные были статистически обработаны с определением уровня достоверности различий между группами.

Результаты исследований. Все процессы метаболизма взаимосвязаны между собой, поэтому изменение их интенсивности и направленности отражаются на показателях крови.

Для предупреждения заболеваний у цыплят-бройлеров следует проводить у них контроль обменных процессов и их регулирование. При этом биохимические показатели крови в полной мере отражают состояние метаболизма птицы. Определение количественных и качественных показателей ряда компонентов крови является одним из методов оценки состояния здоровья цыплят-бройлеров.

Важнейшими показателями обмена веществ в организме являются белки, их качественная и количественная характеристика. Известно, что основными видами белков, принимающих участие в обмене веществ и регулирующих обменные процессы, являются альбумины. Другой значительной группой сывороточных белков являются глобулины. В их фракцию входят антитела, большинство из которых представляют гамма-глобулины.

Изучение основных показателей метаболизма у цыплят-бройлеров опытных групп указывает на интенсификацию у них белкового обмена, что отразилось положительно на увеличение концентрации в сыворотке крови общего белка и альбуминов (табл. 2).

Данные исследований свидетельствуют о том, что количество общего белка в 1-й и 3-й опытных группах превышало данный показатель контрольной группы соответственно на 0,74 (2,08%) и 1,12 г/л (3,14%; P<0,05).

У молодняка птицы 2-й опытной группы установлено также повышение в сыворотке крови общего белка на 1,92 г/л (5,39%; P<0,01), относительно контроля.

Максимальной концентрации изучаемый показатель был установлен у бройлеров 2-й опытной группы, которые превосходили аналогов 1-й и 3-й опытных групп на 1,18 (3,25 %; P<0,05) и 0,80 г/л (2,18%), соответственно.

Таблица 2

Содержание компонентов крови, отражающих белковый обмен
у подопытных цыплят-бройлеров (n=6), (M±m)

Показатель	Группа			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Общий белок, г/л	35,61±0,39	36,35±0,29	37,53±0,30	36,73±0,21
Альбумины: г/л % от общего белка	14,29±0,19 40,12	14,73±0,11 40,53	15,42±0,17 41,10	14,97±0,10 40,77
Глобулины: г/л % от общего белка	21,32±0,20 59,88	21,62±0,18 59,47	22,11±0,13 58,90	21,76±0,11 59,23
Белковый индекс	0,67±0,004	0,68±0,003	0,70±0,004	0,69±0,002
Мочевина, ммоль/л	0,61±0,03	0,57±0,04	0,50±0,03	0,52±0,02
Мочевая кислота, мкмоль/л	286,00±7,12	274,31±5,48	257,14±8,78	265,38±5,23
Креатинин, мкмоль/л	33,82±0,23	33,42±0,14	32,75±0,21	33,10±0,13
Активность: АЛТ, ед./л АСТ, ед./л	11,70±0,39 253,10±8,69	12,53±0,28 263,15±6,21	13,63±0,42 286,23±4,87	13,25±0,26 278,25±6,13

Увеличение количества общего белка в сыворотке крови цыплят-бройлеров опытных групп, по сравнению с контрольной группой, отражает более интенсивные окислительно-восстановительные процессы в организме, и указывает на усиление белоксинтезирующей функции гепатоцитов.

Отметим, что белки крови, в первую очередь альбумины, служат источником образования белков различных органов и тканей.

Следовательно, для альбуминов характерна пластическая функция, что подтверждается результатами наших исследований. Цыплята-бройлеры опытных групп, в сравнении с контролем, обладали наиболее высокой энергией роста в течение всего периода выращивания, у которых абсолютное содержание альбуминов в сыворотке крови к концу опыта было максимальным. Так, по сравнению с контролем, у бройлеров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп количество альбуминов в сыворотке крови возросло на 0,44 (3,08%); 1,13 (7,91%; P<0,01) и 0,68 г/л (4,76%; P<0,05). При этом разница по данному показателю среди опытных групп составила 0,69 (4,68%; P<0,01) и 0,45 г/л (3,01%; P<0,05), в пользу 2-й группы. Относительное содержание альбуминов в сыворотке крови также было выше у цыплят-бройлеров опытных групп.

Повышение уровня альбуминов в сыворотке крови бройлеров, получавших изучаемые добавки, указывает на усиление белоксинтезирующей функции, лучшее усвоение белков рациона.

В то же время относительное содержание глобулинов в сыворотке крови у птицы контрольной группы было выше, чем у аналогов 1-й, 2-й и 3-й опытных групп, соответственно на 0,41; 0,98 и 0,65 относительных процентов, а абсолютное количество глобулинов, наоборот, меньше на 0,30 (1,41%); 0,79 (3,70%; P<0,01) и 0,44 г/л (2,06%). Это связано с тем, что содержание общего белка в сыворотке крови было больше у бройлеров опытных групп, чем в контроле.

Следует отметить, что интенсивность белкового обмена определяют по белковому индексу: чем он выше, тем интенсивнее идёт обмен. В исследованиях установлено, что у цыплят-бройлеров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп данный показатель, в сравнении с контролем, возрос на 1,49; 4,48 (P<0,001) и 2,99% (P<0,01), соответственно. Это является отражением более активного протекания белкового метаболизма в их организме. Более высокий белковый индекс сыворотки крови у птицы опытных групп, в сравнении с контрольной группой, указывает на имеющийся в крови резерв высокодисперсных белков-альбуминов, которые используются как пластический материал и обеспечивают рост цыплят-бройлеров.

Поэтому выпаивание цыплятам-бройлерам кормовых добавок: Ветвигор и бишофита, способствует активизации белкового обмена в организме, что выразилось в повышении у них в сыворотке крови общего белка, альбуминов, глобулинов и белкового индекса.

Интенсивность белкового обмена в организме цыплят-бройлеров также характеризует концентрация в сыворотке крови мочевины - продукта белкового метаболизма.

Нами установлено, что концентрация мочевины в сыворотке крови бройлеров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп была ниже уровня контрольной группы на 0,04 (6,56 %); 0,11 (18,03 %; P<0,05) и 0,09 ммоль/л (14,75%; P<0,05), соответственно.

При этом основным конечным продуктом белкового обмена у птицы является мочевая кислота. В исследованиях выявлено, что содержание мочевой кислоты у цыплят-бройлеров 1-й, й и 3-й опытных групп было меньше, по сравнению с аналогами контрольной группы, соответственно на 11,69 (4,09%); 28,86 (10,09%; P<0,05) и 20,62 мкмоль/л (7,21%; P<0,05). Это свидетельствует о лучшем усвоении белкового азота в организме цыплят-бройлеров и подтверждается более высокими приростами живой массы и сохранности птицы опытных групп.

Следующий метаболит белкового обмена, который принимает непосредственное участие в энергетическом обмене мышечной ткани и других тканей, – креатинин. Он, являющийся неотъемлемой частью остаточного азота, был ниже у бройлеров опытных групп. Так, уровень креатинина в сыворотке крови у птицы 1-й, 2-й и 3-й опытных групп был ниже, чем в контрольной группе, соответственно на 0,40 (1,18%); 1,07 (3,16%; P<0,01) и 0,72 мкмоль/л (2,13%; P<0,05).

Не менее важную роль в оценке интенсивности обмена азотистых веществ в организме играет активность таких ферментов, как АСТ и АЛТ. По их концентрации можно судить об общей направленности обменных и энергетических процессов в организме.

В исследованиях установлено, что активность аминотрансфераз в сыворотке крови подопытной птицы колебалась в пределах физиологической нормы.

Однако у цыплят-бройлеров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп активность АЛТ была выше, в сравнении с аналогами контрольной группы, соответственно на 0,83 (7,09%); 1,93 (16,50%; P<0,01) и 1,55 ед./л (13,25%; P<0,01), АСТ – соответственно на 10,05 (3,97%); 33,13 (13,09%; P<0,01) и 25,15 ед./л (9,94%; P<0,05).

Среди опытных групп превосходство по активности данных ферментов выявлено у бройлеров 2-й опытной группы, по сравнению с 1-й и 3-й опытными группами, соответственно по АЛТ на 1,10 (8,78%; P<0,05) и 0,38 ед./л (2,87%), а по АСТ – соответственно на 23,08 (8,78%; P<0,05) и 7,98 ед./л (2,87%).

Заключение. Таким образом, биохимические исследования крови позволили установить, что использование кормовых добавок: Ветвигор и природного бишофита, при выращивании цыплят-бройлеров не оказывает отрицательного влияния на обменные процессы в их организме. При этом более интенсивно белковый обмен протекает у бройлеров 2-й опытной группы, в сравнении с другими группами.

Список источников

1. Батанов С. Д., Березкина Г. Ю., Килин В. В. Влияние минеральной добавки "Стимул" на биохимические показатели крови // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2014. Т. 220. С. 38-42. EDN: TDRLVN

2. Perevozchikov A. L., Batanov S. D., Atnabaeva N. A. The use of vitamin-mineral preparation in the feed-ing of sows for reproduction level // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2017. Vol. 23. Iss. 2. P. 298-303. EDN: YHIXED

3.Варакин А. Т., Саломатин В. В., Кулик Д. К., Ряднов А. А., Злепкин Д. А., Ряднова Т. А. Повышение воспроизводительной функции у свиней при использовании биологически активных добавок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 172-177. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-22 EDN: YTRMCG

4.Batanov S.D., Perevozchikov A.L., Novikova L.A. Application of vitamin-mineral supplement in intensive use of boars and its effect on reproductive qualities // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26. Iss. 2. P. 471-474. EDN: OHAGDS

5.Дуборезов В. М., Дуборезов И. В., Андреев И. В. Питательность плющеного зерна кукурузы с различными консервантами // Комбикорма. 2018. № 7-8. С. 51-53. DOI: 10.25741/2413-287X-2018-07-3-011 EDN: XSVOXB

6.Симонов Г. А., Гайирбегов Д. Ш., Афанасьев В. А., Симонов А. Г. Повышение энергии роста молодняка кур-несушек // Птицеводство. 2018. № 5. С. 41-43. EDN: XPPGOT

7.Мунгин В. В, Гибалкина Н. И., Василькин В. М., Симонов А. Г., Симонов Г. А. Кормовая добавка нового поколения в рационе несушек // Птицеводство. 2018. № 9. С. 31-32. EDN: YNJUVF

8.Симонов Г. А., Гайирбегов Д. Ш., Киселёва К. В., Симонов А. Г. Продуктивность и убойные качества цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2018. № 8. С. 39-41. EDN: YNJURN

9.Колодина Е. Н. Влияние кормовой добавки на микробиоценоз и продуктивность птицы // Птицеводство. 2018. № 5. С. 26-30. EDN: UQXCLV

10. Varakin A. T., Kulik D. K., Salomatin V. V., Zoteev V. S., Simonov G. A. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841. DOI: 10.35940/ijitee.A4884.119119 EDN: AKZQYE

References

1. Batanov, S. D., Berezkina, G. Yu., Kilin, V. V. (2014). Influence of mineral additive "Stimulus" on blood biochemical parameters. *Nauchnyye zametki Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny imeni N. Ye. Baumana (Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman),* 220, 38-42. EDN: TDRLVN (in Russ.).

2. Perevozchikov, A. L., Batanov, S. D., Atnabaeva, N. A. (2017). The use of vitamin-mineral preparation in the feeding of sows for reproduction level. *Bolgarskiy zhurnal sel'skokhozyaystvennykh nauk (Bulgarian Journal of Agricultural Science),* 23 (2), 298-303. EDN: YHIXED (in Russ.).

3. Varakin, A. T., Salomatin, V. V., Kulik, D. K., Ryadnov, A. A., Zlepkin, D. A., Ryadnova, T. A. (2019). Increasing reproductive function in pigs when using biologically active additives. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye (Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex : science and higher vocational education)*, (53) 1, 172-177. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-22 EDN: YTRMCG (in Russ.).

4. Batanov, S.D., Perevozchikov, A.L., Novikova, L.A. (2020). Application of vitamin-mineral supplement in intensive use of boars and its effect on reproductive qualities. *Bolgarskiy zhurnal sel'skokhozyaystvennykh nauk (Bulgarian Journal of Agricultural Science)*. 26 (2), 471-474. EDN: OHAGDS (in Russ.).

5. Duborezov, V. M., Duborezov, I. V., Andreev, I. V. (2018). Nutritional value of flattened corn grain with various preservatives. *Kombikorma (Compound feed),* 7-8, 51-53. DOI: 10.25741/2413-287X-2018-07-3-011 EDN: XSVOXB (in Russ.).

6. Simonov, G. A., Gayirbegov, D. Sh., Afanasyev, V. A., Simonov, A. G. (2018). Increasing the growth energy of young laying hens. *Ptitsevodstvo (Poultry farming),* 5, 41-43. EDN: XPPGOT (in Russ.).

7. Mungin, V. V., Gibalkina, N. I., Vasilkin, V. M., Simonov, A. G., Simonov, G. A. (2018). Feed additive of a new generation in the diet of laying animals. *Ptitsevodstvo (Poultry farming)*, 9, 31-32. EDN: YNJUVF (in Russ.).

8. Simonov, G. A., Gayirbegov, D. Sh., Kiseleva, K. V., Simonov, A. G. (2018). Productivity and slaughter qualities of broiler chickens. *Ptitsevodstvo (Poultry farming),* 8, 39-41. EDN: YNJURN (in Russ.).

9. Kolodina, E. N. (2018). Effect of feed additives on microbiocenosis and poultry productivity. *Ptitsevodstvo (Poultry farming)*, 5, 26-30. EDN: UQXCLV (in Russ.).

10. Varakin, A. T., Kulik, D. K., Salomatin, V. V., Zoteev, V. S., Simonov, G. A. (2019). Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet. *Mezhdunarodnyy zhurnal innovatsionnykh tekhnologiy i inzhenernykh issledovaniy (International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering),* 9 (1), 3837-3841. DOI: 10.35940/ijitee.A4884.119119 EDN: AKZQYE (in Russ.).

Информация об авторах:

Ольга Александровна Пехтелева, аспирант;
ID: http://orcid.org/0009-0000-8137-4706, e-mail: opexteleva@bk.ru

Виктор Васильевич Саломатин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6663-1663, e-mail: viktor.salomatin@internet.ru

Татьяна Викторовна Коноблей, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;
ID: http://orcid.org/0000-0002-8274-3961, e-mail: konoblei.tatiana@yandex.ru

Александр Тихонович Варакин✉, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
ID: http://orcid.org/0000-0003-0375-7108, e-mail: varakinat58@mail.ru

Information about the authors:

Olga A. Pekhteleva, postgraduate student;
ID: http://orcid.org/0009-0000-8137-4706, e-mail: opexteleva@bk.ru

Viktor V. Salomatin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0001-6663-1663, e-mail: viktor.salomatin@internet.ru

Tatyana V. Konobley, Candidate of Agricultural Sciences, Assistant Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0002-8274-3961, e-mail: konoblei.tatiana@yandex.ru

Alexander T. Varakin✉, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;
ID: http://orcid.org/0000-0003-0375-7108, e-mail: varakinat58@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 3.08.2026; одобрена после рецензирования 22.08.2026; принята к публикации 30.09.2026.
The article was submitted 3.08.2026; approved after reviewing 22.08.2026; accepted for publication 30.09.2026.

Самарский государственный аграрный университет предлагает всем желающим аспирантам, преподавателям, научным работникам опубликовать результаты исследований в научном журнале *«Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии».* Журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

К публикации в журнале принимаются оригинальные, не опубликованные ранее основные научные результаты по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям наук, по которым присуждаются ученые степени:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки),

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (биологические науки),

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки),

4.1.3.Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические науки),

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки),

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки),

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки),

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки),

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки),

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Правила оформления статей

Статьи представляются на русском языке в электронном виде в редакцию на электронную почту журнала ssaariz@mail.ru. Текст статьи набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими параметрами страницы: поля: 2 см со всех сторон; размер бумаги А4; шрифт – Arial Narrow; размер шрифта основного текста – 12 пт, в таблицах – 10 пт; межстрочный интервал – полуторный (в таблицах – одинарный); расстановка переносов – автоматическая; абзацный отступ –1,25 см.

До основного текста статьи приводят следующие элементы издательского оформления (затем повторяют на английском языке): тип статьи; индекс УДК; заглавие; основные сведения об авторах (имя, отчество, фамилия, наименование организации, где работает или учится автор, адрес организации, электронный адрес автора, открытый идентификатор учёного (ORCID); ***резюме*** (необходимо осветить цель, методы, результаты с приведением количественных данных, чётко сформулировать выводы, объем – 200-250 слов), 5-7 ключевых слов (словосочетаний). Имена авторов приводят в транслитерированной форме на латинице по ГОСТ 7.79 или в той форме, в какой её установил автор.

Основной текст публикуемого материала должен быть изложен ясно, лаконично. В начале статьи следует кратко сформулировать проблематику исследования (актуальность), затем изложить *цель исследования*, *задачи*, *материалы и методы исследований*, в конце статьи – *результаты исследований* с указанием их прикладного характера, *заключение*.

Объем рукописи (без учёта аффилиации авторов, резюме и списка источников) – 10-15 тысяч знаков с пробелами (8-15 страниц), включая таблицы и рисунки; таблицы должны иметь тематический заголовок, сложные рисунки – сгруппированы. Иллюстративный материал должен быть четким, ясным, качественным. Формулы оформляются в редакторе формул MathType, в тексте статьи размещаются по центру. Списки нумеруются и маркируются вручную (во избежание утраты форматирования при вёрстке). Статья не должна заканчиваться формулой, таблицей, рисунком; заголовок – 10-12 слов.

В ***список источников*** включаются записи только тех ресурсов, которые цитируются в основном тексте статьи. Необходимо строго соблюдать принятые нормы оформления библиографической ссылки согласно ГОСТ Р 7.0.5. Список источников на английском языке (References) оформляется согласно требованиям APA (American Psychological Association). Ссылки в тексте статьи заключают в квадратные скобки; библиографические записи в списке источников нумеруют и располагают в порядке цитирования источников в тексте статьи; количество источников – не менее 10; самоцитирование – не более 25 %. Следует придерживаться следующих рекомендаций:

- выносить в список источников только рейтинговые научные издания ВАК, RSCI, ядро РИНЦ, не старше 5-7 лет, на все остальные источники лучше сослаться в круглых скобках.
- приводить ссылки на DOI и EDN тех статей, у которых они есть;
- по возможности не цитировать малодоступную литературу (депонируемые и прочие рукописи, сборники конференций и т.п.);
- ГОСТы приводятся в тексте статьи с полными номерами, но не входят в список литературы;
- не приводить ссылки на учебники и учебные пособия.

После основного текста статьи размещают (затем повторяют на английском языке) дополнительные сведения об авторах (учёные звания, учёные степени, ORCID и другие идентификационные номера авторов), сведения о вкладе каждого автора, указание об отсутствии или наличии конфликта интересов, и детализация такого конфликта в случае его наличия.

Использование технологий искусственного интеллекта. Генеративный ИИ и технологии с поддержкой ИИ могут использоваться при подготовке рукописи для улучшения языковых аспектов, таких как грамматика, синтаксис и орфография. В этом случае авторы не обязаны указывать на это. В других случаях авторы должны задекларировать использование генеративных ИИ-технологий (включая инструменты ChatGPT) в разделе «Материалы и методы» при подаче рукописи. Возможная следующая формулировка: «В процессе подготовки данной статьи был использован [название инструмента/сервиса] для [причина]. После использования этого [инструмента/сервиса] содержание было проверено и отредактировано, авторы берут на себя полную ответственность за содержание опубликованной статьи». Это означает, что использование технологий ИИ должно сопровождаться контролем и надзором человека. Авторы должны тщательно проверять и редактировать результат, так как созданный ИИ текст может быть неверным или предвзятым. Только авторы должны нести ответственность за окончательный текст рукописи, поданной в Журнал, независимо от того, какие программы на основе искусственного интеллекта использовались и в какой степени. Авторы несут полную ответственность и подотчетность за содержание своей работы. Если рукопись включает изображения, созданные с помощью генеративного ИИ или инструментов с поддержкой ИИ, авторы должны раскрыть эту информацию в разделе «Материалы и методы», предоставляя подробное описание того, когда и как были использованы инструменты. Более того, авторы также должны подтвердить наличие всех необходимых прав на использование таких материалов. Авторство рукописи должно быть приписано исключительно людям. ИИ и технологии с поддержкой ИИ не могут быть указаны в качестве авторов или соавторов из-за своей неспособности соответствовать критериям авторства: они не могут нести ответственность за работу, давать согласие на публикацию, управлять авторскими правами или участвовать в вопросах, связанных с конфликтами интересов.

В конце документа необходимо указать, какой научной специальности и отрасли науки соответствуют представленные в ней научные результаты.

Все поступившие рукописи проверяются на корректность заимствований, оригинальность должна быть не ниже 80 %.

Каждая статья, поступившая на рассмотрение в журнал «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии», направляется на рецензирование. Рецензирование статей – двухстороннее слепое (анонимное). Для повышения качества рецензирования главный редактор может отправлять рецензию другим рецензентам, не открывая при этом их имен. Возвращение рукописи статьи на доработку не означает, что статья принята к публикации. В случае отрицательной рецензии статья с рецензией возвращается автору. Отклоненная статья может быть повторно представлена в редакцию после доработки по замечаниям рецензентов. Копии рецензий могут быть предоставлены по запросу в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Рукопись, оформленная с нарушением настоящих Правил, будет возвращена Автору без рассмотрения, по существу.

SAMARA STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY

