

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

# СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

*SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI*

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ 12 РАЗ В ГОД

Том 53, № 5 (294)

DOI: 10.26898

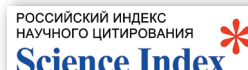


2023  
май

**Главный редактор** – Донченко Александр Семенович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, руководитель научного направления Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия  
**Заместитель главного редактора** – Ломбанина Татьяна Александровна, заведующая издательством «Агронаука» Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

#### Редакционная коллегия:

|                 |                                                                                |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| В.В. Азаренко   | д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, Минск, Беларусь               |
| В.В. Альт       | академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия                              |
| О.С. Афанасенко | академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия                          |
| Б. Бямбаа       | д-р вет. наук, академик Академии наук Монголии, Улан-Батор, Монголия           |
| А.Н. Власенко   | академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия                              |
| Н.Г. Власенко   | академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                              |
| К.С. Голохваст  | член-корреспондент РАО, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                    |
| О.В. Голуб      | д-р техн. наук, Новосибирск, Россия                                            |
| Н.П. Гончаров   | академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                              |
| М.И. Гулюкин    | академик РАН, д-р вет. наук, Москва, Россия                                    |
| В.Н. Десягин    | д-р техн. наук, Новосибирск, Россия                                            |
| С.А. Джохари    | профессор, PhD, Санандадж, Иран                                                |
| И.М. Донник     | академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия                                   |
| Н.А. Донченко   | член-корреспондент РАН, д-р вет. наук, Новосибирск, Россия                     |
| Н.М. Иванов     | член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия                    |
| А.Ю. Измайлов   | академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия                                   |
| Н.И. Кашеваров  | академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия                              |
| В.И. Кирюшин    | академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия                                   |
| С.Н. Магер      | д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                                            |
| К.Я. Мотовилов  | член-корреспондент РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                    |
| О.К. Мотовилов  | д-р техн. наук, Новосибирск, Россия                                            |
| А.М. Наметов    | д-р вет. наук, член-корреспондент НАН Республики Казахстан, Уральск, Казахстан |
| В.С. Николов    | д-р вет. наук, София, Болгария                                                 |
| С.П. Озорнин    | д-р техн. наук, Чита, Россия                                                   |
| В.Л. Петухов    | д-р биол. наук, Новосибирск, Россия                                            |
| Р.И. Полюдина   | д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия                                            |
| М.И. Селионова  | д-р биол. наук, Москва, Россия                                                 |
| В.А. Солощенко  | академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия                              |
| Н.А. Сурин      | академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия                               |
| И.Ф. Храмцов    | академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия                                     |
| С. Эркисли      | профессор, PhD, Эрзурум, Турция                                                |
| С.Х. Янг        | профессор, PhD, Кванджу, Корея                                                 |



[www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

Редакторы *Е.М. Исаевич, Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*. Корректор *В.Е. Селянина*.

Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*. Переводчик *М.Ш. Гаценко*.

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

**Издатель:** Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук

**Адрес редакции и издателя:** 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463

**Адрес типографии:** 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СибНИИ кормов, к. 156

**Тел./факс:** (383)348-37-62; **e-mail:** [sibvestnik@sfsca.ru](mailto:sibvestnik@sfsca.ru), [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru); <https://sibvest.elpub.ru/jour>

Вышел в свет 20.06.2023. Формат 60 × 84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 14,25

Уч.-изд. л. 14,25. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2023

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2023



**СОДЕРЖАНИЕ**

**CONTENTS**

*ЗЕМЛЕДЕЛИЕ  
И ХИМИЗАЦИЯ*

*AGRICULTURE  
AND CHEMICALIZATION*

**Плаксина В.С., Асташов А.Н.** Влияние длины ротации севооборотов и погодных условий на продуктивность озимой пшеницы

**5 Plaksina V.S., Astashov A.N.** The effect of rotation length of crop rotations and weather conditions on the productivity of winter wheat

**Москвичев А.Ю., Агапова С.А.** Реакция растений сои на инокуляцию семян и режимы орошения светло-каштановых почв в условиях Нижнего Поволжья

**13 Moskvichev A.Yu., Agapova S.A.** Reaction of soybean plants to seed inoculation and different irrigation regimes of light chestnut soils of the Lower Volga region

*РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ*

*PLANT GROWING AND BREEDING*

**Князева И.В., Вершинина О.В., Титенков А.В., Джос Е.А.** Биоудобрение и освещение как факторы, влияющие на рост, развитие и биохимический состав томатов

**22 Knyazeva I.V., Vershinina O.V., Titenkov A.V., Jos E.A.** Biofertilizer and lighting as factors affecting tomato growth, development and biochemical composition

**Прахова Т.Я., Дружинин В.Г.** Влияние микроудобрений серии Изagri на продуктивность сафлора (*Carthamus tinctorius*)

**31 Prakhova T.Ya., Druzhinin V.G.** Influence of microfertilizers of the Izagri series on the productivity of safflower (*Carthamus tinctorius*)



- Сотник А.Я.** Оценка адаптивных свойств сортов овса по урожайности в Приобской лесостепи 40 **Sotnik A.Ya.** Evaluation of oat varieties adaptive properties by productivity in the Priobskaya forest-steppe zone

*ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ*

*PLANT PROTECTION*

- Прах С.В., Васильченко А.В., Подгорная М.Е., Тыщенко Е.Л.** Видовой состав вредителей хвойных растений урбанистических ландшафтов Краснодарского края 47 **Prakh S.V., Vasilchenko A.V., Podgornaya M.E., Tyschenko E.L.** Species composition of coniferous plant pests in urban landscapes of the Krasnodar Territory

*ЗООТЕХНИЯ  
И ВЕТЕРИНАРИЯ*

*ZOOTECHNICS  
AND VETERINARY MEDICINE*

- Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Атландерова К.Н., Матющенко Н.С.** Воздействие кавитированной подсолнечной лузги и молочной кислоты на изменение таксономического профиля микробиома рубца жвачных *in vitro* 54 **Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Atlanderova K.N., Matyushchenko N.S.** The effect of cavitated sunflower husk and lactic acid on the changes in the taxonomic profile of the rumen microbiome of ruminants *in vitro*
- Реймер В.А., Князев С.П., Ковалев Г.В.** Эффективность использования кормовой муки животного происхождения при выращивании цыплят-бройлеров кросса Росс-308 62 **Reymer V.A., Knyazev S.P., Kovalev G.A.** Efficiency of using fodder meal of animal origin in the rearing of broiler chickens of the Ross-308 cross
- Петров П.Л., Смолянинов Ю.И., Протодьяконова Г.П., Юшкова Л.Я.** Нозологический профиль и классификация инфекционных болезней сельскохозяйственных животных на территории Республики Саха (Якутия) 70 **Petrov P.L., Smolyaninov Yu.I., Protodyakonova G.P., Yushkova L.Ya.** Nosological profile and classification of infectious diseases of farm animals in the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)

- Остапчук П.С., Постникова О.Н., Зубоченко Д.В., Усманова Е.Н., Кувда Т.А., Пихтерева А.В.** Биохимические показатели и бактерицидность крови молодняка овец цигайской породы
- 79 Ostapchuk P.S., Postnikova O.N., Zubochenko D.V., Usmanova E.N., Kuvda T.A., Pikhtereva A.V.** Biochemical parameters and blood bactericidal activity of young Tsigai sheep
- Рогачёв В.А., Мерзлякова О.Г., Чегодаев В.Г., Пилипенко Н.И., Магер С.Н.** Функциональная добавка на основе природного премикса в рационе перепелов
- 90 Rogachev V.A., Merzlyakova O.G., Chegodaev V.G., Pilipenko N.I., Mager S.N.** Functional additive based on natural premix in the diet of quails
- Бекенёв В.А., Аришин А.А., Каштанова Е.В., Полонская Я.В., Мерзлякова О.Г., Чегодаев В.Г., Бекенева К.А.** Влияние жира свиней разного химического состава в рационе перепелок на продуктивность и биохимический состав тканей
- 97 Bekenev V.A., Arishin A.A., Kashtanova E.V., Polonskaya Ya.V., Merzlyakova O.G., Chegodaev V.G., Bekeneva K.A.** Influence of pig fat of different chemical composition in the diet of quails on productivity and biochemical composition of tissues



## ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ РОТАЦИИ СЕВООБОРОТОВ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

✉ Плаксина В.С., Асташов А.Н.

*Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго  
и кукурузы*

Саратов, Россия

✉ e-mail: v.plaksina88@yandex.ru

Представлены результаты исследования изменения урожайности зерна озимой пшеницы в зависимости от длины ротации севооборотов в условиях Нижнего Поволжья. В результате 12-летних исследований (2008–2019) выявлено, что максимальная урожайность получена в четырех- и пятипольном севооборотах с включением зернобобовых культур – 2,73 и 2,79 т/га соответственно. В ходе дисперсионного анализа отмечено различное воздействие условий вегетации и длины ротации севооборота на урожайность озимой пшеницы. Доля влияния условий вегетации составила 98,6%. Также значимым было влияние ротации севооборота (0,6%). Урожайность зерна озимой пшеницы существенно зависела от погодных условий, что позволило оценить в полной мере потенциал использования звена озимая пшеница – пар в севооборотах с короткой ротацией. При возделывании озимой пшеницы в четырех- и пятипольных севооборотах с включением зернобобовых культур урожайность повышалась как во влажные, так и в средние по увлажнению годы. При ГТК больше 0,9 в пятипольном севообороте урожайность зерна составила 4,40 т/га, в четырехпольном – 4,31, в трехпольном – 4,02 т/га. При ГТК от 0,6 до 0,9 в четырех- и пятипольном севооборотах урожайность варьировала в пределах 2,78–2,84 т/га, в трехпольном – 2,52 т/га. В засушливые годы не выявлено существенной разницы в урожайности озимой пшеницы между севооборотами, которая варьировала в пределах 0,98–1,07 т/га. Можно сделать вывод об эффективности возделывания озимой пшеницы на втором поле короткоротационных севооборотов по паровому предшественнику в условиях недостаточного увлажнения.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, урожайность, севооборот, ротация, гидротермический коэффициент

## THE EFFECT OF ROTATION LENGTH OF CROP ROTATIONS AND WEATHER CONDITIONS ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT

✉ Plaksina V.S., Astashov A.N.

*Russian Research, Design and Technology Institute of Sorghum and Corn*

Saratov, Russia

✉ e-mail: v.plaksina88@yandex.ru

The results of the study of changes in winter wheat grain yield depending on the rotation length of crop rotations in the Lower Volga region are presented. As a result of 12 years of research (2008–2019) it was found that the maximum yield was obtained in four- and five-field crop rotations with the inclusion of leguminous crops - 2.73 and 2.79 t/ha, respectively. During the analysis of variance, different effects of growing conditions and rotation length on winter wheat yields were noted. The influence of vegetation conditions accounted for 98.6%. The effect of crop rotation was also significant (0.6%). Winter wheat grain yield significantly depended on the weather conditions, which allowed to

fully evaluate the potential of winter wheat - fallow in crop rotations with a short rotation. When winter wheat was cultivated in four- and five-field crop rotations with the inclusion of leguminous crops, the yield increased both in wet and moderately wet years. With HTC greater than 0.9 in the five-field crop rotation the grain yield was 4.40 t/ha, in four-field - 4.31, in three-field - 4.02 t/ha. With HTC of 0.6 to 0.9 in four- and five-field crop rotations, the yield ranged from 2.78-2.84 t/ha, and in three-field crop rotations it was 2.52 t/ha. In dry years, no significant difference in winter wheat yield between crop rotations was found, which ranged from 0.98-1.07 t/ha. It can be concluded that winter wheat cultivation on the second field of short rotational crop rotations on fallow preceding crop in conditions of insufficient moisture is effective.

**Keywords:** winter wheat, yield, crop rotation, rotation, hydrothermal coefficient

**Для цитирования:** Плаксина В.С., Астахов А.Н. Влияние длины ротации севооборотов и погодных условий на продуктивность озимой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-1>

**For citation:** Plaksina V.S., Astashov A.N. The effect of rotation length of crop rotations and weather conditions on the productivity of winter wheat. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 5–12. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-1>

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Комплекс факторов, определяющих урожайность сельскохозяйственных культур, связан с биоклиматическим потенциалом, фитосанитарным состоянием посевов и другими факторами, определяющими продуктивность растений [1–3]. Озимая пшеница – одна из основных стратегических зерновых культур, занимающая в мире самую большую посевную площадь, которая составляет 240,4 млн га, валовые сборы зерна – 560 млн т [4, 5]. Она отличается высокой зимостойкостью, устойчива к эдафическому стрессу, ее возделывают в разных почвенно-климатических условиях<sup>1</sup>.

В Поволжском регионе значительно возросли площади посева озимой пшеницы. Их высокий рост связан и с изменением климата [6, 7]. В Саратовской области среднегодовая температура воздуха за последние 10 лет увеличилась на 0,36 °С, зимнего сезона – на 0,6 °С, т.е. зимние темпы роста температуры воздуха почти в 2 раза выше, чем в среднем

за год. Сумма средних годовых осадков за последние 30 лет повысилась на 24 мм, за май – июль уменьшилась на 3 мм [8]. Глобальное потепление с его тенденцией к изменению основных агрометеорологических характеристик привело к тому, что последние три десятилетия отличаются повышением температуры воздуха, уменьшением продолжительности зимнего периода, что создает благоприятные условия для перезимовки озимых культур [9].

В Нижнем Поволжье озимая мягкая пшеница значительно превосходит по урожайности яровые ранние культуры [10]. Преимущество озимой мягкой пшеницы особенно проявляется в засушливые и острозасушливые годы, когда урожайность озимых культур больше, чем у яровых [11, 12]. Проведенные ранее исследования свидетельствуют, что включение звена пар – озимая пшеница – необходимое условие для обеспечения устойчивой продуктивности в связи с низким значением гидротермического коэффициента в засушливых условиях<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Жученко А.А. Адаптивное растениеводство. Теория и практика. М.: Агрорус, 2002. Т. 1. 814 с.

<sup>2</sup>Plaksina V., Astashov A., Bochkareva Ju., Azizov Z., Safronov A. Im-provement of the ecological sustainability of shorttermrotation under the aridi-zation conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad: International Scientific and Practical Conference. DAICRA, 2022. DOI: 10.1088/1755-1315/949/1/012135.

Необходимо проведение комплексных исследований по совершенствованию научно обоснованной системы земледелия на основе изучения влияния длины ротации севооборотов на продуктивность озимой пшеницы как одного из путей смягчения последствий неблагоприятных климатических изменений.

Цель исследования – установить влияние длины ротации севооборота и погодных условий на урожайность озимой пшеницы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в 2008–2019 гг. на опытном поле Российского научно-исследовательского и проектно-технологического института сорго и кукурузы (РосНИИСК «Россорго») в стационарных севооборотах, развернутых во времени и в пространстве:

- трехпольный: пар черный – озимая пшеница – сборное поле (яровая мягкая пшеница, яровой ячмень, кукуруза, зерновое сорго);

- четырехпольный: пар черный – озимая пшеница – соя – сборное поле (яровая мягкая пшеница, яровой ячмень, кукуруза, зерновое сорго);

- пятипольный: пар черный – озимая пшеница – сборное поле (зерновое сорго, кукуруза, яровой ячмень, яровая мягкая пшеница) – нут – сборное поле (яровая мягкая пшеница, яровой ячмень, кукуруза, зерновое сорго).

В качестве объекта исследований послужил сорт озимой мягкой пшеницы Левобережная 3. Агротехника в полевых опытах – общепринятая для зоны, без применения пестицидов. Повторность в опыте трехкратная, размещение делянок систематическое. Посев проведен в оптимальные сроки сплошным рядовым способом с использованием сеялок СЗ-3,6. Закладка опыта и учет урожайности выполнены по общепринятым методикам<sup>3</sup>. Статистическая обработка полученных данных проведена методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы AGROS версии 2.09<sup>4, 5</sup>.

Почва опытного поля – слабовыщелоченный южный чернозем среднесуглинистого гранулометрического состава. В пахотном слое содержание гумуса составляло 3,5–4,2%, доступного фосфора – 2,4–12,0 мг/100 г почвы, гидролизуемого азота – 10–15, обменного калия – 21–32, кальция – до 8 мг/100 г.

Климат региона резко континентальный с холодной малоснежной зимой, продолжительной весной и сухим летом. Территория Нижнего Поволжья в пределах Саратовской, Волгоградской и Астраханской областей располагает значительными радиационными и тепловыми ресурсами (сумма активных температур составляет 2900–4000°, сумма эффективных температур – 2700–3600°), продолжительным периодом активной вегетации, но имеет низкую влагообеспеченность ( $P = 243\text{--}400$  мм при испаряемости 800–1200 мм).

Гидротермический коэффициент равен 0,6–0,7. По данным АМС Саратова, поступление солнечной энергии за теплый период в среднем составляет 356 КДж/см, приход суммарной радиации для зоны проведения опытов носит довольно устойчивый характер. Продолжительность безморозного периода – 153–184 дня, продолжительность периода с температурой воздуха выше 10 °С – в среднем 150 дней.

Основной источник влаги – атмосферные осадки, среднегодовая норма которых составляет 391 мм, запас продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см весной в момент перехода среднемесячной температуры через 5 °С равен 125–150 мм. В период прекращения вегетации выпадает 70–80 мм осадков. Снежный покров устанавливается в III декаде ноября, его высота 27–32 см.

Для оценки погодных условий использовали данные опорной метеостанции «Саратов ЮВЕС» (см. табл. 1). Сумма выпавших осадков за апрель – июль варьировала от 56 мм в 2010 г. до 331 мм в 2017 г. при

<sup>3</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

<sup>4</sup>Казанцев В.П. Полевой опыт и основные методы статистического анализа. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2010. 209 с.

<sup>5</sup>Мартынов С.П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции. Пакет программ AGROS 2.09. Тверь, 1999.



**Табл. 1.** Характеристика погодных условий в годы исследований (от начала возобновления весенней вегетации до полной спелости)

**Table 1.** Characteristics of weather conditions during the years of research (from the beginning of the resumption of spring vegetation to full ripeness)

| Год исследований                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2008                                    | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| <i>Сумма активных температур, град.</i> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3137                                    | 3002 | 3502 | 3285 | 3595 | 3309 | 3147 | 3270 | 3271 | 2970 | 3239 | 3324 |
| <i>Сумма выпавших осадков, мм</i>       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 318                                     | 156  | 56   | 133  | 220  | 289  | 178  | 416  | 265  | 331  | 221  | 182  |
| <i>ГТК</i>                              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1,02                                    | 0,52 | 0,16 | 0,41 | 0,40 | 1,01 | 0,51 | 0,84 | 0,81 | 1,12 | 0,72 | 0,61 |

среднемноголетнем показателе 251 мм. Сумма активных температур составила от 2970° в 2017 г. до 3595° в 2012 г. при среднемноголетней 2988°.

Гидротермический коэффициент Селянинова за вегетационный период озимой пшеницы (от начала возобновления весенней вегетации до восковой спелости) в годы изучения равнялся 0,16–1,12 при среднемноголетнем значении 0,84. Из 12 лет благоприятными по увлажнению были 2008, 2013 и 2017 гг. ( $ГТК \geq 1,0$ ); средними – 2009, 2014–2016, 2018 и 2019 гг. ( $0,6 \leq ГТК \leq 1,0$ ); сухими и жаркими – 2010–2012 гг. ( $ГТК < 0,6$ ). Таким образом, изучение влияния рассматриваемых факторов проведено в разных агрометеорологических условиях, что позволило всесторонне оценить влияние изучаемых факторов на урожайность озимой пшеницы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность зерна озимой пшеницы значительно варьировала и существенно зависела от погодных условий. Наибольшей урожайностью отличался 2017 г.: 5 т/га в трехпольном севообороте, 5,64 и 5,66 т/га в четырех- и пятипольном севооборотах соответственно. Минимальная урожайность сформирована в 2010 г. – 0,50–0,52 т/га в зависимости от севооборота. В среднем за годы исследований максимальная урожайность получена в четырех- и пятипольном сево-

оборотах с включением зернобобовых культур – 2,73 и 2,79 т/га соответственно. Урожайность на данных вариантах была выше на 0,22–0,28 т/га в сравнении с трехпольным севооборотом (см. табл. 2).

Формирование биологического урожая любой культуры во многом зависит от условий вегетации и места в севообороте. В ходе дисперсионного анализа отмечено различное воздействие означенных выше факторов на урожайность озимой пшеницы. Доля влияния фактора «годы исследования» составила 98,6%. Также значимым было влияние длины севооборота – 0,6%. Доля влияния взаимодействия факторов составила 0,8%.

При рассмотрении результатов исследований в четырех- и пятипольном севооборотах также выявлено достоверное превышение показателей в сравнении с трехпольным севооборотом. Во влажные годы ( $ГТК > 0,9$ ) в среднем за 3 года получены максимальные показатели по всем вариантам опыта. В пятипольном севообороте с включением нута отмечена самая высокая урожайность зерна озимой пшеницы – 4,40 т/га, в четырехпольном с включением сои продуктивность несколько ниже – 4,31 т/га, в трехпольном – 4,02 т/га. В средние по увлажнению годы ( $0,6 \leq ГТК \leq 0,9$ ) в среднем за 6 лет в четырех- и пятипольном севооборотах урожайность варьировала в пределах 2,78–2,84 т/га соответственно. В трехпольном севообороте отмечено снижение показателей до 2,52 т/га.

**Табл. 2.** Урожайность озимой пшеницы в экспериментальных севооборотах, т/га**Table 2.** Yield of winter wheat in experimental crop rotations, t/ha

| Год<br>(фактор А)    | Севооборот (фактор В) |                |             | Среднее<br>по фактору А |
|----------------------|-----------------------|----------------|-------------|-------------------------|
|                      | трехпольный           | четырёхпольный | пятипольный |                         |
| 2008                 | 4,37                  | 4,32           | 4,76        | 4,48j                   |
| 2009                 | 3,52                  | 3,72           | 3,82        | 3,69i                   |
| 2010                 | 0,52                  | 0,50           | 0,51        | 0,51a                   |
| 2011                 | 1,30                  | 1,39           | 1,45        | 1,38c                   |
| 2012                 | 1,12                  | 1,21           | 1,25        | 1,19b                   |
| 2013                 | 2,68                  | 2,98           | 2,79        | 2,82g                   |
| 2014                 | 1,63                  | 1,80           | 2,06        | 1,83d                   |
| 2015                 | 2,10                  | 2,29           | 2,27        | 2,22f                   |
| 2016                 | 1,94                  | 1,97           | 2,01        | 1,97e                   |
| 2017                 | 5,00                  | 5,64           | 5,66        | 5,43k                   |
| 2018                 | 2,90                  | 3,60           | 3,61        | 3,37                    |
| 2019                 | 3,04                  | 3,29           | 3,25        | 3,31h                   |
| Среднее по фактору В | 2,51a                 | 2,73b          | 2,79c       |                         |

Ошибка опыта ( $P$ ) = 2,29%

$HCP_{05(A)} = 0,100$ ,  $HCP_{05(B)} = 0,050$ ,  $HCP_{05(AB)} = 0,173$

$F_{факт(A)} = 1651,682^*$ ,  $F_{факт(B)} = 53,499^*$ ,  $F_{факт(AB)} = 6,883^*$

Примечание. Данные, обозначенные разными буквами, значимо различаются в соответствии с тестом множественных сравнений Дункана при  $p \leq 0,05$ .

В засушливые годы ( $ГТК < 0,6$ ) в среднем за 3 года урожайность озимой пшеницы варьировала в пределах 0,98–1,07 т/га, разница по урожайности по севооборотам незначительная, в пределах ошибки опыта (см. табл. 3).

В ходе многолетних исследований выявлено, что максимальная урожайность озимой пшеницы сформировалась в четырех- и пятипольном севооборотах. Помимо воздействия структуры посевных площадей, на этот фактор значительное влияние оказало большое разнообразие сельскохозяйственных культур, которое сказалось на агрофизических свойствах почвы, содержании основных элементов питания. По нашим длительным наблюдениям, количество продуктивной влаги под озимыми в слое почвы 0–100 см весной (годовой максимум) в большинстве лет (более 75%) не достигало полевой влагоемкости.

Весенние талые воды не оказывали существенного влияния на содержание нитратного азота путем его промывки по профилю почвы. Так, весной в посевах озимой пшеницы в фазу начала выхода в трубку в слое почвы 0–50 см в трехпольном севообороте оставалось 3,3 мг/кг азота, в пятипольном 3,6 мг/кг, в слое 50–100 см – 7,1 и 9,1 мг/кг соответственно. Следует отметить, что по всем слоям почвенного профиля содержание нитратного азота в пятипольном севообороте было выше, чем в трехпольном. Что касается других макроэлементов, например подвижного фосфора, то в отличие от нитратного азота в период усвоения почвой весенней талой воды 80–90% от его содержания в изучаемом профиле 0–100 см не смещалось и находилось в слое 0–50 см. Обменный калий оказался более подвижным, чем фосфор, поэ-

**Табл. 3.** Урожайность озимой пшеницы в разные по увлажнению годы, т/га**Table 3.** Winter wheat yields in different moisture years, t/ha

| Увлажненность в среднем по годам                                                        | Севооборот  |                |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|-------------|
|                                                                                         | трехпольный | четырёхпольный | пятипольный |
| Влажные (2008, 2013, 2017 гг.)                                                          | 4,02        | 4,31           | 4,40        |
| $P$ (ошибка опыта) = 3,03%, $F_{\text{факт}} = 106,124^*$ , $\text{НСР}_{0,05} = 0,123$ |             |                |             |
| Средние (2009, 2014–2016, 2018, 2019 гг.)                                               | 2,52        | 2,78           | 2,84        |
| $P$ (ошибка опыта) = 2,01%, $F_{\text{факт}} = 8,631^*$ , $\text{НСР}_{0,05} = 0,180$   |             |                |             |
| Сухие (2010–2012 гг.)                                                                   | 0,98        | 1,03           | 1,07        |
| $P$ (ошибка опыта) = 2,54%, $F_{\text{факт}} = 3006$ , $\text{НСР}_{0,05} = \text{ns}$  |             |                |             |

\* $p \leq 0,05$ .

тому его содержание в слое почвы 0–50 см составило 40–45%. При рассмотрении данной закономерности по отношению к различным видам севооборотов следует отметить следующее. В трехпольном зернопаропропашном севообороте в слое почвы 0–50 см содержалось большее количество подвижного фосфора и обменного калия (46,5 и 365 мг/кг соответственно) по сравнению с пятипольным зернопаропропашным (42,8 и 357 мг/кг). Установлено, что в условиях степной зоны Поволжья из-за неравномерного выпадения атмосферных осадков в течение года и ряда лет растительные остатки не успевают разложиться полностью. В засушливые годы происходит их накопление в почве, во влажные, наоборот, уменьшение за счет усиления интенсивности разложения.

Таким образом, выяснено, что с уменьшением продолжительности ротации севооборота в связи с увеличением удельного веса в структуре посевных площадей чистого пара возрастает количество трудногидролизуемых органических остатков, поступающих в паровое поле, что приводит в благоприятные по увлажнению годы к снижению урожайности озимой пшеницы: в среднем за последние 12 лет ее урожайность в трехпольном севообороте составила 2,51 т/га. В четырех- и пятипольном севооборотах, в которых присутствуют зернобобовые культуры, обладающие средоулучшающим потенциалом, урожайность составила 2,73 и 2,79 т/га соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительной оценки урожайности озимой пшеницы в зависимости от погодных условий и длины ротации севооборотов в Нижнем Поволжье выявлено, что стабильное получение урожая отмечено во всех севооборотах и выращивание озимой пшеницы на втором поле короткоротационных севооборотов по паровому предшественнику обосновано. Однако полученные в ходе исследований данные показали, что урожайность зерна озимой пшеницы варьировала и существенно зависела от погодных условий, что позволило оценить в полной мере потенциал использования звена озимая пшеница – пар в севооборотах с короткой ротацией. Самая высокая урожайность зерна получена в годы с ГТК больше 0,9, несколько ниже показатели в годы с ГТК от 0,6 до 0,9. В эти годы максимальные показатели получены в четырех- и пятипольных севооборотах с включением зернобобовых культур, способствующих фиксации и аккумуляции биологического азота, имеющих пролонгированное действие. В засушливые годы не выявлено существенной разницы в урожайности озимой пшеницы между севооборотами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихацевич А.П. Риски в земледелии: оценка влияния погодных условий на урожайность зерновых культур в Белорусском Полесье // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2022. Т. 60. № 3.

- С. 279–295. DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-3-279-295.
2. Кардашина В.Е., Николаева Л.С. Влияние агрометеорологических условий на урожайность и развитие овса // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 69–76.
  3. Яроменко Н.Н., Кулак А.А., Овсиенко А.А. Эконометрический анализ факторов, влияющих на урожайность зерновых (на примере сельскохозяйственных организаций центральной зоны Краснодарского края) // Естественнo-гуманитарные исследования. 2020. № 4 (30). С. 269–274. DOI: 10.24411/2309-4788-2020-10428.
  4. Федорова В.А. Экологическая пластичность и стабильность перспективных сортов озимой мягкой пшеницы в зоне Северного Прикаспия // Аграрный научный журнал. 2021. № 6. С. 39–42. DOI: 10.28983/asj.y2021i6pp39-42.
  5. Скворцова Ю.Г., Филенко Г.А., Фирсова Т.И., Черткова Н.Г., Калинина Н.В. Оценка урожайности и посевных качеств у сортов озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ АНЦ «Донской» в первичном семеноводстве // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5. С. 24–28. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28.
  6. Левицкая Н.Г., Демакина И.И. Агрометеорологические особенности засухи 2018 года и ее влияние на урожайность зерновых культур в Саратовской области // Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 2. С. 19.
  7. Ермошкина Н.Н., Артемова Г.В., Степочкин П.И., Сурначев А.С., Мусинов К.К. Влияние условий осенней вегетации на перезимовку озимой ржи и пшеницы при разных сроках посева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 2. С. 30–39. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-2-4.
  8. Левицкая Н.Г., Демакина И.И. Современные изменения климата Саратовской области и стратегия адаптации к ним селекции и агротехнологий // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 7–12. DOI: 10.17513/use.37206.
  9. Солодовников А.П., Уполовников Д.А., Линьков А.С., Полетаев И.С., Лёвкина А.Ю. Обоснование влияния агрофизических факторов и климатических условий на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 48–52. DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp48-52.
  10. Азизов З.М. Урожайность озимой пшеницы, проса, яровой пшеницы в севообороте по мере удаления от лесополосы по приемам основной обработки почвы и азотных удобрений // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 4–9. DOI: 10.28983/asj.y2019i4pp4-9.
  11. Сайфуллина Л.Б., Азизов З.М., Имашев И.Г., Архипов В.В., Бажан Г.Н. Влияние систем основной обработки почвы на реализацию биологического потенциала сорта озимой пшеницы Калач 60 // Аграрный вестник Юго-Востока. 2019. № 2 (22). С. 27–32.
  12. Азизов З.М., Архипов В.В., Имашев И.Г. Устойчивость производства зерна в севооборотах степи Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 4–9. DOI: 10.28983/asj.y2020i7pp4-9.

## REFERENCES

1. Lixacevich A.P. Risks in agriculture: assessment of influence of weather conditions on the grain crops yield in Belarusian Polesye. *Izvestiya Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Seriya agrarny'x nauk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60, no. 3, pp. 279–295. (In Belarus). DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-3-279-295.
2. Kardashina V.E., Nikolaeva L.S. Influence of agro-meteorological conditions on yield capacity and development of oats. *Permskij agrarny'j vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2018, no. 1 (21), pp. 69–76. (In Russian).
3. Yaromenko N.N., Kulak A.A., Ovsienko A.A. Econometric analysis of factors affecting grain yield (on the example of agricultural organizations in the central zone of the Krasnodar Territory). *Estestvenno-gumanitarny'e issledovaniya = Natural-Humanitarian Research*, 2020, no. 4 (30), pp. 269–274. (In Russian). DOI: 10.24411/2309-4788-2020-10428.
4. Fedorova V.A. Ecological plasticity and stability of promising varieties of winter soft wheat in the Northern Caspian region. *Agrarny'j nauchny'j zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2021, no. 6, pp. 39–42. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2021i6pp39-42.
5. Skvortsova Yu.G., Filenko G.A., Firsova T.I., Chertkova N.G., Kalinina N.V. Estimation of productivity and sowing qualities of the winter bread wheat varieties of the FSBSI “ARC “Don-skoy” in the primary seed production. *Zernovoe khozyajstvo Rossii = Grain Economy of Rus-*



- sia, 2021, no. 5, pp. 24–28. (In Russian). DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-24-28.
6. Levitskaya N.G., Demakina I.I. Agrometeorological features of the drought of 2018 and its impact on the yield of grain crops in the Saratov region. *Agrarny`j vestnik Yugo-Vostoka = Agrarian Reporter of South-East*, 2019, no. 2, p. 19. (In Russian).
  7. Ermoshkina N.N., Artemova G.V., Stepochnik P.I., Surnachev A.S., Musinov K.K. Effect of autumn vegetation conditions on overwintering of winter rye and wheat with different sowing dates. *Sibirskij vestnik sel'skoxozyajstvennoj nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 2, pp. 30–39. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2021-2-4.
  8. Levitskaya N.G., Demakina I.I. Modern climate changes in the Saratov region and the strategy of adaptation of breeding and agrotechnologies to them. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 2019, no. 10, pp. 7–12. (In Russian). DOI: 10.17513/use.37206.
  9. Solodovnikov A.P., Upolovnikov D.A., Linkov A.S., Poletaev I.S., Levkina A.Yu. Substantiation of the influence of agrophysical factors and climatic conditions on the yield and quality of winter wheat grain in the Lower Volga region. *Agrarny`j nauchny`j zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2022, no. 4, pp. 48–52. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2022i4pp48-52.
  10. Azizov Z.M. Yield of winter wheat, millet, spring wheat in the crop rotation from distance of forest shelterbelt by basic soil tillage method and nitrogen fertilizer. *Agrarny`j nauchny`j zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2019, no. 4, pp. 4–9. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2019i4pp4-9.
  11. Sayfullina L.B., Azizov Z.M., Imashev I.G., Arkhipov V.V., Bazhan G.N. Influence of tillage treatments on realization of biological potential of winter wheat variety Kalach 60. *Agrarny`j vestnik Yugo-Vostoka = Agrarian Reporter of South-East*, 2019, no. 2 (22), pp. 27–32. (In Russian).
  12. Azizov Z.M., Arkhipov V.V., Imashev I.G. Stability of grain production in crop rotations in the steppe conditions of the Lower Volga region. *Agrarny`j nauchny`j zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2020, no. 7, pp. 4–9. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2020i7pp4-9.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Плаксина В.С.**, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 410050, Саратов, 1-й Институтский проезд, 4; e-mail: v.plaksina88@yandex.ru

**Асташов А.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Vera S. Plaksina**, Senior Researcher; **address:** 4, 1st Institutskiy proezd, Saratov, 410050, Russia; e-mail: v.plaksina88@yandex.ru

**Alexandr N. Astashov**, Candidate of Science in Agriculture, Head Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 22.08.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.10.2022  
Дата публикации / Published 20.06.2023



## РЕАКЦИЯ РАСТЕНИЙ СОИ НА ИНОКУЛЯЦИЮ СЕМЯН И РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Москвичев А.Ю.<sup>1</sup>, (✉) Агапова С.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Волгоградский государственный аграрный университет

Волгоград, Россия

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия

Волгоград, Россия

(✉) e-mail: sveta-sxi@rambler.ru

Цель исследования – выявить реакцию растений сои на инокуляцию семян при разных режимах орошения (влажность не ниже 80% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м, дифференцированный по фазам роста и развития водный режим на уровне 70–80–70% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м) в условиях Нижнего Поволжья. Объект исследования – посевы сои сорта Волгоградка 2 селекции Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (ВНИИОЗ). Эксперимент проводили в 2021 и 2022 гг. на опытном поле ВНИИОЗ. В качестве инокулянта использовали препарат Геостим Фит Г производства компании Биотехагро (г. Тимашевск, Краснодарский край) в концентрации 5–10 л/га. Для внекорневой подкормки применяли биопрепараты, природный минерал билатор и фунгицид Колосаль Про. На основании полученных данных установлено, что максимальный прирост продуктивности (132%) получен при инокуляции семян перед посевом на варианте с уровнем влажности почвы 80% НВ. При дифференцированном водном режиме продуктивность составила 129% по сравнению с необработанным контролем. Из средств, применяемых в период вегетации для борьбы с патогенами, предпочтение следует отдать биопрепаратам. Объем собранного зерна был максимальным (3,87 т/га) в контрольном варианте при влажности почвы 80% НВ и использовании инокуляции семян. Второй результат по продуктивности показал вариант с применением природного минерала билатор (3,38 т/га), минимальная урожайность (2,86 т/га) зафиксирована в случае использования химического препарата Колосаль Про. Расчет экономической эффективности показал выгоду обработки посевов сои биопрепаратами. Научная новизна исследования состоит в том, что в ходе его проведения впервые для условий Нижнего Поволжья определена эффективность возделывания сои с учетом влияния сразу нескольких факторов: водный режим почвы, предпосевная обработка семян инокулянтами, обработка растений в период вегетации для борьбы с патогенами.

**Ключевые слова:** соя, режимы орошения, сорт Волгоградка 2, инокуляция, продуктивность, биопрепараты, билатор, химические средства защиты растений

## REACTION OF SOYBEAN PLANTS TO SEED INOCULATION AND DIFFERENT IRRIGATION REGIMES OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE LOWER VOLGA REGION

Moskvichev A.Yu.<sup>1</sup>, (✉) Agapova S.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Volgograd State Agricultural University

Volgograd, Russia

<sup>2</sup>All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture

Volgograd, Russia

(✉) e-mail: sveta-sxi@rambler.ru

The purpose of the research is to find out the reaction of soybean plants to seed inoculation under different irrigation regimes (humidity not lower than 80% MWC (minimum water capacity) in the layers 0,4 and 0,6 m, differentiated by stages of growth and development water regime at the level of 70-80-70% MWC in the layers 0,4 and 0,6 m) in the Lower Volga region conditions. The object of the study is soybean crops of the Volgogradka 2 variety selected by the All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (VNIIOZ). The experiment was conducted in 2021 and 2022 on the experimental field of VNIIOZ. Geostim Fit G produced by Biotechagro (Timashevsk, Krasnodar Territory) was used as

an inoculant at a concentration of 5-10 l/ha. For foliar feeding biopreparations, natural mineral bilator and fungicide Kolosal Pro were used. Based on the data obtained, it was found that the maximum increase in productivity (132%) was obtained by seed inoculation before sowing in the variant with a soil moisture level of 80% MWC. With differentiated water treatment, the productivity was 129% compared to the untreated control. Of the agents used during the growing season to control pathogens, preference should be given to biopreparations. The volume of the harvested grain was maximum (3.87 t/ha) in the control variant with soil moisture of 80% MWC and the use of seed inoculation. The second result in terms of productivity showed the variant with the use of natural mineral bilator (3.38 t/ha), the minimum yield (2.86 t/ha) was recorded in the case of using the chemical agent Kolosal Pro. The calculation of economic efficiency showed the profitability of soybean crops treatment with biological preparations. The scientific novelty of the study is that in the course of its implementation for the first time for the conditions of the Lower Volga region the efficiency of soybean cultivation was determined taking into account the influence of several factors at once: soil water regime, seed pre-sowing treatment with inoculants, treatment of plants during vegetation to control pathogens.

**Keywords:** soybeans, irrigation regimes, Volgogradka 2 variety, inoculation, productivity, biologics, bilator, chemical plant protection products

**Для цитирования:** Москвичев А.Ю., Агапова С.А. Реакция растений сои на инокуляцию семян и режимы орошения светло-каштановых почв в условиях Нижнего Поволжья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 13–21. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-2>

**For citation:** Moskvichev A.Yu., Agapova S.A. Reaction of soybean plants to seed inoculation and different irrigation regimes of light chestnut soils of the Lower Volga region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 13–21. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-2>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

В нынешних экономических условиях большое значение приобретают ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1]. Так, одним из самых экономичных и доступных способов снабжения растений азотом в период вегетации является симбиотическая фиксация азота воздуха [2]. В этой связи теоретический и практический интерес представляет разработка агротехнических приемов, увеличивающих активность симбиотической азотфиксации, повышающих урожайность и белковую продуктивность бобовых культур [3]. Например, новые сорта сои, выращиваемые с использованием инновационных агротехнических приемов, способны давать не менее 3 т семян с 1 га [4]. Одним из основных агротехнических приемов, применяемых при возделывании сои, служит инокуляция семян азотфиксирующими бактериями [5, 6].

В настоящее время во всем мире возрастают требования к качеству сельхозпродукции [7], поэтому для ее получения применяют экологически безопасные методы, например бактеризацию семян азотфиксирующими бактериями [8, 9].

Соя – одна из важнейших белково-масличных культур, используемая в пищевой и технической промышленности, а также в производстве кормов и животноводстве [10, 11]. Содержание масла в ее семенах составляет свыше 20%, белка – не менее 40%. Соевый белок отличается высокой физиологической ценностью и богатым аминокислотным составом<sup>1</sup>. Благодаря этому зерно сои является полноценным продуктом для восполнения энергетических и белковых потребностей человека и животных [12, 13].

Цель исследования – определение эффективности и степени влияния инокуляции семян на растения сои при разных ре-

<sup>1</sup>Ибрагимов А.Д. Соя – уникальная белково-масличная культура // Инновационный подход в стратегии развития АПК России: сб. материалов науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Махачкала, 2018. С. 40–44.

жимах орошения почвы в условиях Нижнего Поволжья.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2021 и 2022 гг. на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия. Объект исследования – посевы сои скороспелого сорта Волгоградка 2<sup>2</sup> [14].

Опыт предполагал изучение двух водных режимов почвы:

1. Поддержание дифференцированного 70–80–70%-го уровня НВ (наименьшей влагоемкости) при глубине увлажнения (*h*) 0,4 и 0,6 м по схеме: в период от посева до конца ветвления растений – 70% НВ в слое 0,4 м, от начала цветения до конца налива зерна – 80% НВ в слое 0,4 м, от конца налива до полной спелости – не ниже 70% НВ в слое 0,6 м.

2. Поддержание предполивного порога влажности почвы на уровне не ниже 80% НВ в слое 0,4 м в период от посева до конца ветвления, 0,6 м – от начала цветения до полной спелости зерна<sup>3</sup>.

На основе этих режимов орошения изучали эффективность инокуляции семян сои смесью биологических компонентов в следующей концентрации: Геостим Фит Г – 5–10 л/га, Импровер – 20 мл/т, Гелиос Супер – 1–2 л/т. В качестве контроля использовали вариант без инокуляции семян и без обработки вегетирующих растений, а также с инокуляцией, но без обработки. На фоне инокуляции семян и использования описанных выше режимов орошения рассматривали возможность внекорневого применения различных по природе препаратов: биопрепаратов (Геостим Фит Ж, концентрация 1–2 л/га + БФТИМ, 2–4 л/га + Импровер, 50 мл/100 л раствора + Гумэл Люкс, 1 л/га + Гелиос Бор Молибден, 0,7–2,0 л/га), природного минерала билатор и фунгицида Колосаль Про.

Геостим Фит Г – микробиологический биодеструктор растительных остатков с

мощными фунгицидными свойствами, применяемый для ускорения процессов разложения растительных остатков в поверхностном слое почвы, подавления развития фитопатогенов, стимулирования роста и развития растений. В состав препарата входят сапрофитный гриб *Trichoderma viride*, ассоциативные азотфиксирующие бактерии *Azomonas agilis* и *Azotobacter chroococcum*. Преимущества препарата Геостим:

- 1) защищает растения от широкого круга грибных болезней;
- 2) улучшает структуру почвы;
- 3) повышает урожайность;
- 4) безопасен для растений, животных и человека;
- 5) не приводит к санитарному загрязнению почвы, воздушной и водной среды;
- 6) способствует лучшему усвоению минерального питания растениями.

Бактерицид БФТИМ содержит бактерии *Bacillus amyloliquefaciens* КС-2 и их метаболиты. Препарат применяют для обработки семян. Рабочий раствор готовят непосредственно перед использованием, допускается совмещение с гербицидами, инсектицидами, химическими фунгицидами и микроудобрениями. Преимущества БФТИМ:

- 1) эффективно защищает от грибных и бактериальных заболеваний;
- 2) оказывает ростостимулирующее действие, укрепляет иммунный статус растений;
- 3) допускается совмещение с химическими пестицидами в баковых смесях в интегрированных системах защиты растений;
- 4) не вызывает привыкания у фитопатогенов;
- 5) не приводит к санитарному загрязнению почвы, воздушной и водной среды;
- 6) применяется в любую фазу развития растений, срок ожидания 1 день;
- 7) безвреден для человека, животных, птиц, рыб и насекомых.

Билатор – инновационное высокоэффективное комплексное средство, стимулиру-

<sup>2</sup>Пат. № 11288, Российская Федерация. Селекционное достижение «Сорт сои Волгоградка 2» / Толоконников В.В., Канцер Г.П., Кружилин И.П., Мелихов В.В., Таранов М.И., Овчинников А.С., Новиков А.А., Кошкарлова Т.С., Иленева С.В., Чамурлиев Г.О.; заявители Волгоградский государственный аграрный университет, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия; опубл. 20.10.2020.

<sup>3</sup>Иванов А.Л., Кулик К.Н. Система адаптивно-ландшафтного земледелия Волгоградской области на период до 2015 г.: монография. Волгоград, 2009. 302 с.

ющее рост и развитие растений. Препарат представляет собой водно-суспензионный концентрат хлористого технического наноструктурированного магния. Применяется для инкрустации семян, внекорневой обработки бобовых, зерновых и масличных культур. Билатор способствует:

- 1) повышению урожайности сельскохозяйственных культур;
- 2) увеличению всхожести и энергии прорастания;
- 3) образованию мощной корневой системы;
- 4) подавлению развития возбудителей болезней;
- 5) усилению засухо- и морозоустойчивости растений;
- 6) повышению сопротивляемости вредителям.

Колосаль Про – двухкомпонентный системный фунгицид, обеспечивающий длительную защиту зерновых, сахарной свеклы, винограда, рапса, сои, гороха и других культур от целого комплекса болезней. В состав препарата входят тебуконазол (200 г/л) и пропиконазол (300 г/л). Преимущества Колосаль Про следующие:

- 1) широкий спектр подавляемых патогенов;
- 2) высокая проникающая способность;
- 3) быстрота фунгицидного действия;
- 4) отличные системные свойства;
- 5) длительный период защиты.

Данные препараты использовали при обнаружении болезней и вредителей на растениях сои до периода созревания бобов.

Общая площадь делянок составила 2363 м<sup>2</sup>, делянок I порядка – 1182 м<sup>2</sup>, II порядка – 393, III порядка – 98,25 м<sup>2</sup>. Почва опытного участка светло-каштановая тяжелосуглинистая, характеризующаяся небольшой мощностью гумусового слоя (0–0,28 м, содержание гумуса 1,3–1,4%). Реакция почвенного раствора слабощелочная, pH водной вытяжки 7,2–7,7. По содержанию элементов питания почвы отличаются низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором и повышенной – обменным калием. Плотность естественного сложения почвы в среднем для расчетных слоев 0–0,4 и 0–0,6 м составляет 1,38 и 1,43 т/м<sup>3</sup> соответственно. Показатели порозности по слоям варьируют от 46,64 до 51,59%. Способ по-

сева широкорядный с междурядьями 0,7 м. Посев проводили во II декаде мая с применением сеялки Mater Makk при норме высева 600 тыс. всхожих семян/га.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перед комбайновой (массовой) уборкой урожая осуществляли отбор снопов, вели учет биологической урожайности с 1 м<sup>2</sup>. В результате анализа отобранных снопов определяли основные параметры структуры урожая: масса зерна с одного растения, масса 1 тыс. зерен, высота прикрепления нижнего боба (см. табл. 1), а также количество бобов на одном растении, число зерен в бобах и масса одного растения.

Представленные в табл. 1 данные доказывают преимущество уровня увлажнения почвы не ниже 80% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м.

Кроме того, по двум выбранным водным режимам выявлено превосходство обработки семян инокулянтom по сравнению с вариантами без инокуляции. Различия по параметрам структуры урожая наблюдались на делянках II порядка при использовании средств защиты растений в период вегетации. Так, при поддержании дифференцированного водного режима почвы (70–80–70% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м) в варианте без инокуляции и без обработки масса зерна с одного растения была минимальной и составила в среднем 3,79 г, масса 1 тыс. зерен – 102,5 г. Наилучшие показатели (5,48 и 133,03 г соответственно) получены при использовании биопрепаратов, несколько меньшие – при применении билатора (4,85 и 124,03 г) и фунгицида (4,34 и 111,50 г). Аналогичная картина наблюдалась по варианту с дифференцированным режимом орошения и инокуляцией семян. При этом наибольшие значения массы зерна с одного растения и массы 1 тыс. зерен зафиксированы при использовании биопрепарата (8,22 и 144,03 г), наименьшие – при применении фунгицида (5,58 и 118,75 г).

При поддержании предполивного порога влажности на уровне не ниже 80% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м в контрольном варианте (без инокуляции и без обработки) масса зерен с одного растения оказалась равной 6,03 г, масса 1 тыс. зерен – 116,85 г. При ис-



**Табл. 1.** Влияние изучаемых факторов на структуру урожая сои сорта Волгоградка 2

**Table 1.** The influence of the studied factors on the structure of the soybean crop of the Volgogradka 2 variety

| Вариант опыта                        |                |             | Масса зерна с одного растения, г |         |         | Масса 1 тыс. зерен, г |         |         | Высота прикрепления нижнего боба, м |         |         |
|--------------------------------------|----------------|-------------|----------------------------------|---------|---------|-----------------------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|
|                                      |                |             | 2021 г.                          | 2022 г. | Среднее | 2021 г.               | 2022 г. | Среднее | 2021 г.                             | 2022 г. | Среднее |
| 70–80–70% НВ,<br>$h = 0,4$ и $0,6$ м | Без инокуляции | Контроль    | 3,80                             | 3,78    | 3,79    | 101,20                | 103,80  | 102,50  | 0,10                                | 0,13    | 0,12    |
|                                      |                | Биопрепарат | 5,52                             | 5,44    | 5,48    | 131,80                | 134,25  | 133,03  | 0,12                                | 0,16    | 0,14    |
|                                      |                | Билатор     | 4,88                             | 4,82    | 4,85    | 122,70                | 125,35  | 124,03  | 0,11                                | 0,15    | 0,13    |
|                                      |                | Фунгицид    | 4,36                             | 4,31    | 4,34    | 110,50                | 112,50  | 111,50  | 0,10                                | 0,13    | 0,12    |
|                                      | С инокуляцией  | Контроль    | 5,46                             | 5,31    | 5,39    | 110,30                | 113,20  | 111,75  | 0,11                                | 0,14    | 0,13    |
|                                      |                | Биопрепарат | 8,19                             | 8,24    | 8,22    | 141,95                | 146,10  | 144,03  | 0,13                                | 0,17    | 0,15    |
|                                      |                | Билатор     | 6,74                             | 6,69    | 6,72    | 130,60                | 134,30  | 132,45  | 0,12                                | 0,15    | 0,14    |
|                                      |                | Фунгицид    | 5,60                             | 5,56    | 5,58    | 115,20                | 122,30  | 118,75  | 0,11                                | 0,14    | 0,13    |
| 80% НВ,<br>$h = 0,4$ и $0,6$ м       | Без инокуляции | Контроль    | 6,00                             | 6,05    | 6,03    | 119,10                | 114,60  | 116,85  | 0,11                                | 0,15    | 0,13    |
|                                      |                | Биопрепарат | 8,30                             | 8,29    | 8,30    | 149,00                | 144,90  | 146,95  | 0,13                                | 0,18    | 0,16    |
|                                      |                | Билатор     | 7,10                             | 7,02    | 7,06    | 138,60                | 133,80  | 136,20  | 0,13                                | 0,16    | 0,15    |
|                                      |                | Фунгицид    | 6,80                             | 6,65    | 6,73    | 126,90                | 120,45  | 123,68  | 0,11                                | 0,15    | 0,13    |
|                                      | С инокуляцией  | Контроль    | 7,20                             | 7,29    | 7,25    | 132,90                | 131,25  | 132,08  | 0,11                                | 0,16    | 0,14    |
|                                      |                | Биопрепарат | 10,30                            | 10,21   | 10,26   | 157,00                | 155,90  | 156,45  | 0,14                                | 0,19    | 0,17    |
|                                      |                | Билатор     | 9,00                             | 8,96    | 8,98    | 148,10                | 144,95  | 146,53  | 0,12                                | 0,18    | 0,15    |
|                                      |                | Фунгицид    | 7,60                             | 7,49    | 7,55    | 139,70                | 137,90  | 138,80  | 0,11                                | 0,17    | 0,14    |

пользовании различных препаратов в период вегетации данные показатели были незначительно выше по сравнению с контрольными значениями. В контрольном варианте с инокуляцией средняя величина указанных параметров структуры урожая составила 7,25 и 132,08 г соответственно. При проведении инокуляции и обработки наивысшими оказались показатели варианта с использованием биопрепаратов – 10,26 и 156,45 г. Обработка посевов природным минералом билатор и химическими средствами защиты растений дала промежуточные результаты между контролем и применением биопрепаратов.

Высота прикрепления нижнего боба также различалась по вариантам опыта, но все-таки разница была несущественной и находилась в пределах 0,12–0,17 м.

Итогом любого исследования в сельскохозяйственной практике служит определение наиболее значимого параметра – продуктивности изучаемой культуры. Именно по ее величине оценивают эффективность действия каких-либо факторов.

Из табл. 2 видно, что в варианте с дифференциацией водного режима и глубины увлажнения почвы по фазам роста и развития растений сои (70–80–70% НВ,  $h = 0,4$  и  $0,6$  м) без инокуляции семян и листовой обработки наблюдалась минимальная урожайность, которая за два года исследований составила в среднем 1,43 т/га. При обработке семян инокулянтном и вегетирующих растений биопрепаратом продуктивность увеличивалась, достигнув 2,78 т/га.



**Табл. 2.** Продуктивность сои сорта Волгоградка 2 на различных вариантах  
**Table 2.** Volgogradka 2 soybean variety productivity on different options

| Вариант опыта                     |                |             | Урожайность, т/га |         |         | Прибавка |       |
|-----------------------------------|----------------|-------------|-------------------|---------|---------|----------|-------|
|                                   |                |             | 2021 г.           | 2022 г. | Среднее | т/га     | %     |
| 70–80–70% НВ, $h = 0,4$ и $0,6$ м | Без инокуляции | Контроль    | 1,44              | 1,42    | 1,43    | –        | –     |
|                                   |                | Биопрепарат | 2,12              | 1,99    | 2,06    | 0,63     | 44,10 |
|                                   |                | Билатор     | 1,87              | 1,76    | 1,82    | 0,39     | 27,30 |
|                                   |                | Фунгицид    | 1,66              | 1,61    | 1,64    | 0,21     | 14,70 |
|                                   | С инокуляцией  | Контроль    | 1,95              | 1,86    | 1,91    | –        | –     |
|                                   |                | Биопрепарат | 2,71              | 2,85    | 2,78    | 0,87     | 45,60 |
|                                   |                | Билатор     | 2,49              | 2,38    | 2,44    | 0,53     | 27,70 |
|                                   |                | Фунгицид    | 2,09              | 2,01    | 2,05    | 0,14     | 7,30  |
| 80% НВ, $h = 0,4$ и $0,6$ м       | Без инокуляции | Контроль    | 2,15              | 2,14    | 2,15    | –        | –     |
|                                   |                | Биопрепарат | 2,93              | 2,78    | 2,86    | 0,71     | 33,00 |
|                                   |                | Билатор     | 2,61              | 2,53    | 2,57    | 0,42     | 19,50 |
|                                   |                | Фунгицид    | 2,29              | 2,31    | 2,30    | 0,15     | 7,00  |
|                                   | С инокуляцией  | Контроль    | 2,77              | 2,67    | 2,72    | –        | –     |
|                                   |                | Биопрепарат | 3,90              | 3,84    | 3,87    | 1,15     | 42,30 |
|                                   |                | Билатор     | 3,42              | 3,34    | 3,38    | 0,66     | 24,30 |
|                                   |                | Фунгицид    | 2,91              | 2,81    | 2,86    | 0,14     | 5,10  |

Примечание. 2021 г.: НСР<sub>05</sub> А = 0,19, НСР<sub>05</sub> В = 0,11, НСР<sub>05</sub> С = 0,09, НСР<sub>05</sub> АВС = 0,16; 2022 г.: НСР<sub>05</sub> А = 0,20, НСР<sub>05</sub> В = 0,12, НСР<sub>05</sub> С = 0,10, НСР<sub>05</sub> АВС = 0,16

При поддержании водного режима почвы на уровне 80% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м и сочетании инокуляции семян с листовой подкормкой биопрепаратом была получена максимальная урожайность, которая за два года составила в среднем 3,87 т/га, что на 1,15 т/га больше по сравнению с необработанным контролем.

Далее рассмотрим экономическую эффективность исследуемого агроприема. Экономическая эффективность – результат воздействия изучаемых факторов в денежном выражении, определяемый сопоставлением общих затрат со стоимостью всего урожая (прибавка). При расчете экономической эффективности следует учитывать следующие показатели: стоимость полученного урожая, затраты на покупку, доставку и применение средств защиты растений. В итоговый показатель общих затрат необходимо включить затраты на уборку и доработку дополнительного урожая, полученного в результате применения средств защиты растений. В нашем

случае стоимость полученного в 2022 г. урожая составила 35 р./кг, цена биопрепаратов – 905 р., билатора – 150 р., фунгицида – 1391 р.

Анализ экономической эффективности показал, что применение инокуляции семян на изучаемых вариантах водного режима почвы является экономически выгодным агроприемом (см. табл. 3). Так, при 70–80–70% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м рентабельность находилась в пределах 98,2–148,1%, без инокуляции показатели были ниже – 33,5–84,0%, в контрольном варианте величина данного параметра варьировала от 148,3 до 238,3% и от 96,5 до 150,2% соответственно.

Все это сказалось на себестоимости продукции. При дифференцированном водном режиме в варианте без инокуляции семян она составила от 19,0 до 26,2 тыс. р./т, в варианте с инокуляцией – от 14,1 до 19,3 тыс. р./т. При 80% НВ по слоям 0,4 и 0,6 м себестоимость в вариантах без инокуляции колебалась от 14,0 до 17,8 тыс. р./т, в вариантах с инокуляцией – от 10,3 до 14,1 тыс. р./т.

**Табл. 3.** Оценка экономической эффективности использования изучаемых режимов орошения и препаратов при возделывании сои сорта Волгоградка 2 (2021, 2022 гг.)

**Table 3.** Assessment of economic efficiency of the studied irrigation regimes and preparations in the cultivation of the Volgogradka 2 soybean variety (2021, 2022)

| Показатель                                                                  | Без инокуляции |             |        |          | С инокуляцией |             |        |          |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|--------|----------|---------------|-------------|--------|----------|
|                                                                             | Контроль       | Биопрепарат | Биотол | Фунгицид | Контроль      | Биопрепарат | Биотол | Фунгицид |
| <i>Дифференцированный водный режим почвы: 70–80–70% НВ, h = 0,4 и 0,6 м</i> |                |             |        |          |               |             |        |          |
| Урожайность, т/га                                                           | 1,43           | 2,06        | 1,82   | 1,64     | 1,91          | 2,78        | 2,44   | 2,05     |
| Цена реализации, кг/р.                                                      | 35,0           | 35,0        | 35,0   | 35,0     | 35,0          | 35,0        | 35,0   | 35,0     |
| Стоимость валовой продукции, тыс. р./га                                     | 50,05          | 72,1        | 63,7   | 57,4     | 66,85         | 97,3        | 85,4   | 71,75    |
| Затраты средств, тыс. р./га                                                 | 37,48          | 39,11       | 38,40  | 39,38    | 37,52         | 39,22       | 38,44  | 39,42    |
| Себестоимость зерна, тыс. р./т                                              | 26,2           | 19,0        | 21,1   | 24,0     | 19,3          | 14,1        | 15,8   | 19,2     |
| Чистый доход, тыс. р./га                                                    | 12,57          | 32,99       | 25,30  | 18,03    | 29,33         | 58,08       | 46,96  | 32,33    |
| Уровень рентабельности, %                                                   | 33,5           | 84,4        | 65,9   | 45,8     | 78,2          | 148,1       | 122,1  | 82,0     |
| <i>Контрольный водный режим почвы: 80% НВ, h = 0,4 и 0,6 м</i>              |                |             |        |          |               |             |        |          |
| Урожайность, т/га                                                           | 2,15           | 2,86        | 2,57   | 2,3      | 2,72          | 3,87        | 3,38   | 2,86     |
| Цена реализации, кг/р.                                                      | 35,0           | 35,0        | 35,0   | 35,0     | 35,0          | 35,0        | 35,0   | 35,0     |
| Стоимость валовой продукции, тыс. р./га                                     | 75,25          | 100,1       | 89,95  | 80,5     | 95,2          | 135,45      | 118,3  | 100,1    |
| Затраты средств, тыс. р./га                                                 | 38,3           | 40,0        | 39,22  | 40,2     | 38,3          | 40,0        | 39,3   | 40,2     |
| Себестоимость зерна, тыс. р./т                                              | 17,8           | 14,0        | 15,3   | 17,5     | 14,1          | 10,3        | 11,6   | 14,1     |
| Чистый доход, тыс. р./га                                                    | 36,95          | 60,10       | 50,72  | 40,30    | 56,86         | 95,41       | 79,03  | 59,86    |
| Уровень рентабельности, %                                                   | 96,5           | 150,2       | 129,3  | 100,3    | 148,3         | 238,3       | 201,3  | 148,8    |

## ВЫВОДЫ

1. В условиях Нижнего Поволжья предпосевная инокуляция семян и обработка вегетирующих растений сои биологическими препаратами способствуют снижению поражаемости болезнями и вредителями.

2. Исходя из результатов проведенных исследований, лучшим следует признать следующий вариант: водный режим почвы 80% НВ в слоях 0,4 и 0,6 м + инокуляция семян перед посевом (Геостим Фит Г, концентрация 5–10 л/га + Импровер, 20 мл/т + Гелиос Супер, 1–2 л/т) + листовая обработка биопрепаратами (Геостим Фит Ж, концентрация 1–2 л/га + БФТИМ, 2–4 л/га + Импровер, 50 мл/100 л раствора + Гумэл Люкс, 1 л/га + Гелиос Бор Молибден, 0,7–2,0 л/га). На основе данного варианта удалось получить максимальную урожайность 3,87 т/га при рентабельности 238,0%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайдученко А.Н., Сюмак А.В., Коротенко Б.А. Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от применяемых технологий // Земледелие. 2017. № 2. С. 23–25.

2. Niewiadomska A., Sulewska H., Wolna-Maruwka A., Ratajczak K., Waraczewska Z., Budka A. The influence of biostimulants and foliar fertilizers on the process of biological nitrogen fixation and the level of soil biochemical activity in soybean (*Glycine max* L.) cultivation // Applied ecology and environmental research. 2019. N 17 (5). P. 12649–12666.
3. Бельшикина М.Е. Проблема производства растительного белка и роль зерновых бобовых культур в ее решении // Природообустройство. 2018. № 2. С. 65–73.
4. Кирсанова Е.В., Цуканова З.Р., Васильчиков А.Г., Чекалин Е.И. Оценка влияния инокуляции семян на урожайность сои в Орловской области // Вестник аграрной науки. 2017. № 4 (67). С. 62–68. DOI: 10.15217/48484.
5. Васильчиков А.Г., Акулов А.С. Управление вегетацией перспективных сортообразцов сои путем применения высокоэффективных инокулянтов // Земледелие. 2018. № 4. С. 19–22.
6. Saranraj P., Al Tawaha A., Sivasakthivelan P. Diversity and evolution of Bradyrhizobium communities relating to Soybean cultivation: A review // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. T. 788. N 1. P. 12208.

7. Муравьев А.А., Демидова А.Г. Урожай и качество семян сортов сои в лесостепи Центрально-Черноземного региона на разнородных фонах // Земледелие. 2018. № 3. С. 22–25. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10304.
8. Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М., Васин Е.А. Взаимодействие ризобияльных бактерий с растениями сои сортов приморской селекции // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2019. № 3 (205). С. 48–54.
9. Васин В.Г., Саньев Р.Н., Васин А.В., Бурунов А.Н., Просандеев Н.А., Трифонов Д.И. Применение микроудобрительных смесей и биопрепаратов при возделывании сои // Агрохимический вестник. 2019. № 2. С. 47–52. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10027.
10. Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А. Соя – перспективная высокоурожайная культура // Сахарная свекла. 2022. № 1. С. 34–37.
11. Шабалкин А.В., Дубинкина Е.А., Беляев Н.Н. Влияние обработки семян и вегетирующих растений сои микробиологическими удобрениями на урожайность и качество продукции в условиях Центрально-Черноземного региона // Аграрная Россия. 2020. № 9. С. 12–16.
12. Васильчиков А.Г., Гурьев Г.П. Изучение эффективности различных форм микробных препаратов для инокуляции сои // Земледелие. 2017. № 3. С. 3–4.
13. Петровский А.С., Каракотов С.Д. Микробиологические препараты в растениеводстве: альтернатива и партнерство // Защита и карантин растений. 2017. № 2. С. 14–18.
14. Толоконников В.В., Кошкарлова Т.С. Новый сорт сои Волгоградка 2 // Научный журнал Российского научно-исследовательского института проблем мелиорации. 2021. Т. 11. № 1. С. 14–23. DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-14-23.
15. soybean (*Glycine max* L.) cultivation. *Applied ecology and environmental research*, 2019, no. 17 (5), pp. 12649–12666.
16. Belyshkina M.E. Problem of production of vegetable protein and role of grain legumes in its decision. *Prirodoobustroystvo = Environmental Engineering*, 2018, no. 2, pp. 65–73. (In Russian).
17. Kirsanova E.V., Tsukanova Z.R., Vasilchikov A.G., Chekalin E.I. Evaluation of the effect of seed inoculation on soybean yields in the Orel region. *Vestnik Agrarnoi Nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2017, no. 4 (67), pp. 62–68. (In Russian). DOI: 10.15217/48484.
18. Vasil'chikov A.G., Akulov A.S. Management of the growing season of promising soybean varieties by using highly effective inoculants. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2018, no. 4, pp. 19–22. (In Russian).
19. Saranraj P., Al Tawaha A., Sivasakthivelan P. Diversity and evolution of Bradyrhizobium communities relating to Soybean cultivation: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021, vol. 788, no. 1, p. 12208.
20. Murav'ev A.A., Demidova A.G. Yield and grain quality of soybean varieties in the forest-steppe of the central chernozem region against backgrounds with different fertilization. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2018, no. 3, pp. 22–25. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10304.
21. Butovets E.S., Lukyanchuk L.M., Vasin E.A. Interaction of rhizobial bacteria with plants of soybean varieties developed in Primorsky Krai. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk = Vestnik of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2019, no. 3 (205), pp. 48–54. (In Russian).
22. Vasin V.G., Saniev R.N., Vasin A.V., Burunov A.N., Prosandeev N.A., Trifonov D.I. Microfertilizers and biopreparations application for soya cultivation. *Agrokhimicheskiy vestnik = Agrochemical Herald*, 2019, no. 2, pp. 47–52. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10027.
23. Shabalkin A.V., Dubinkina E.A. Soybeans is a perspective high cost-effective culture. *Sakhar-naya sviokla = Sugar beet*, 2022, no. 1, pp. 34–37. (In Russian).
24. Shabalkin A.V., Dubinkina E.A., Belyaev N.N. Influence of processing of soybean seeds and

## REFERENCES

1. Gaiduchenko A.N., Sumak A.V., Korotenko B.A. Economic efficiency of soybean cultivation depending on applied technologies. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2017, no. 2, pp. 23–25. (In Russian).
2. Niewiadomska A., Sulewska H., Wolna-Maruwka A., Ratajczak K., Waraczewska Z., Budka A. The influence of biostimulants and foliar fertilizers on the process of biological nitrogen fixation and the level of soil biochemical activity in

- vegetating plants with microbiological fertilizers on yield and product quality in the Central Black Earth region. *Agrarnaya Rossia = Agrarian Russia*, 2020, no. 9, pp. 12–16. (In Russian).
12. Vasilchikov A.G., Guryev G.P. Investigation of efficiency of different forms of microbial preparations for soybean inoculation. *Zemledeliye = Zemledelie*, 2017, no. 3, pp. 3–4. (In Russian).
13. Petrovsky A.S., Karakotov S.D. Microbiological preparations in crop production: Alternative and partnership. *Zaschita i karantin rasteniy = Plant Protection and Quarantine*, 2017, no. 2, pp. 14–18.
14. Tolokonnikov V.V., Koshkarova T.S. New soya variety Volgogradka 2. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii = Land Reclamation and Hydraulic Engineering*, 2021, vol. 11, no. 1, pp. 14–23. (In Russian). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-14-23.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Москвичев А.Ю.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

✉ **Агапова С.А.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9; e-mail: sveta-sxi@rambler.ru

## AUTHOR INFORMATION

**Alexander Yu. Moskvichev**, Doctor of Science in Agriculture, Professor

✉ **Svetlana A. Agapova**, Junior Researcher; **address:** 9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia; e-mail: sveta-sxi@rambler.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.12.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.02.2023

Дата публикации / Published 20.06.2023



## БИОУДОБРЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ КАК ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТОМАТОВ

✉ Князева И.В.<sup>1</sup>, Вершинина О.В.<sup>1</sup>, Титенков А.В.<sup>1</sup>, Джос Е.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

Москва, Россия

<sup>2</sup>Федеральный научный центр овощеводства

пос. ВНИИССОК, Московская область, Россия

✉ e-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

Проведено комплексное исследование роста и биохимического состава растений томатов сорта Благодатный, выращенного с использованием спор бактерий *Bacillus cereus* (штамм 96) при непрерывном светодиодном освещении на основе полного спектра фотонов в пропорции В : G : R : FR ~ 17 : 23 : 43 : 17. В качестве контроля использованы растения, выращенные с помощью натриевых ламп высокого давления (HPS) без действия бактериальной культуры. Изучен ряд параметров, отражавших рост растений и качество плодов томатов, – содержание фотосинтетических пигментов, сухих веществ и органических кислот. Показано, что в течение вегетационного периода томаты, выращиваемые под светодиодным освещением, отличались большей длиной побега по сравнению с растениями в натриевом варианте. Действие бактерий проявилось при созревании плодов с достоверно значимыми различиями как при натриевом, так и при светодиодном освещении. Влияние сухих веществ под действием бактерий на растения, выращенные с использованием натриевого освещения, не отличалось от контрольного варианта. Наблюдаемые различия стали более выраженными и достоверно значимыми у растений при светодиодном освещении. Применение бактериальной культуры *B. cereus* способствовало увеличению концентрации хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов по сравнению с контролем. При оценке действия разных типов светового освещения и использования бактерий *B. cereus* на накопление органических кислот в плодах установлено, что светодиодное освещение оказывало лучшее воздействие на синтез органических кислот. Растения томатов, обработанные *B. cereus*, отличались формированием плодов с большим содержанием янтарной, яблочной и лимонной кислот с натриевым типом освещения. При анализе плодов томатов, выращенных под светодиодным освещением, отмечено изменение в накоплении только янтарной кислоты. Использование разных источников освещения и биоудобрений вызвало изменения в развитии растений томатов в условиях климатических камер.

**Ключевые слова:** томаты, микроорганизмы, гидропоника, освещение, пигменты, органические кислоты

## BIOFERTILIZER AND LIGHTING AS FACTORS AFFECTING TOMATO GROWTH, DEVELOPMENT AND BIOCHEMICAL COMPOSITION

✉ Knyazeva I.V.<sup>1</sup>, Vershinina O.V.<sup>1</sup>, Titenkov A.V.<sup>1</sup>, Jos E.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Moscow, Russia

<sup>2</sup>Federal Scientific Vegetable Center

VNISSOK settlement, Moscow region, Russia

✉ e-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

A comprehensive study of growth and biochemical composition of the Blagodatny variety tomato plants grown with the use of bacterial spores *Bacillus cereus* strain 96 under continuous LED lighting



based on full spectrum photons in the proportion B: G: R: FR ~ 17: 23: 43: 17 was conducted. Plants grown with high-pressure sodium lamps (HPS) without bacterial culture action were used as controls. A number of parameters reflecting plant growth and quality of tomato fruits were studied - the content of photosynthetic pigments, dry matter and organic acids. It was shown that during the growing season, tomato plants grown under LED illumination had a longer shoot length compared to the plants in the sodium variant. The action of the bacteria manifested itself during fruit ripening with significant differences under both sodium and LED lighting. The effect of dry matter under the influence of bacteria on the plants grown with sodium lighting did not differ from the control variant. The observed differences became more pronounced and reliably significant in the plants under LED lighting. Application of *B. cereus* bacterial culture increased the concentration of chlorophylls a, b and carotenoids compared to the control. When evaluating the effect of different types of lighting and the use of *B. cereus* bacteria on the accumulation of organic acids in fruits, it was found that LED lighting had a better effect on the synthesis of organic acids. Tomato plants treated with *B. cereus* were distinguished by the formation of fruits with a high content of succinic, malic and citric acids with a sodium type of lighting. When analyzing the fruits of tomato plants grown under LED lighting, a change in the accumulation of only succinic acid was noted. The use of different lighting sources and biofertilizers caused changes in the development of tomato plants under climate chamber conditions.

**Keywords:** tomatoes, microorganisms, hydroponics, lighting, pigments, organic acids

**Для цитирования:** Князева И.В., Вершинина О.В., Титенков А.В., Джос Е.А. Биодоброение и освещение как факторы, влияющие на рост, развитие и биохимический состав томатов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 22–30. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-3>

**For citation:** Knyazeva I.V., Vershinina O.V., Titenkov A.V., Jos E.A. Biofertilizer and lighting as factors affecting tomato growth, development and biochemical composition. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 22–30. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-3>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Современное гидропонное овощеводство ориентируется на создание новых экологически безопасных и энергосберегающих технологий [1]. На вертикальных фермах закрытого типа (PFAL) освещение выступает одним из наиболее важных факторов окружающей среды для выращивания растений в контролируемых условиях. Оно является не только источником энергии для фотосинтеза, но и сигналом для множества физиологических реакций, оказывая огромное влияние на морфологию растений, скорость роста, плодоношение, цветение, вкус, цвет, содержание питательных веществ, метаболитов и общее состояние растений [2]. В настоящее время светодиодное освещение стало оптимальным источником освещения из-за многочисленных преимуществ, в том числе из-за узкополосной длины волны, длительного срока

службы и высокой световой эффективности. По сравнению с натриевой лампой высокого давления (HPS) и люминесцентной лампой, двумя распространенными типами ламп, используемых в сельском хозяйстве, светодиод обеспечивает высокий уровень спектральной настройки [3, 4].

Различные исследования показали, что контролируемое количество света улучшает качество продукции после уборки и срок хранения урожая, стимулируя выработку питательных веществ и биоактивных соединений. Биоактивные соединения в растениях известны как первичные или вторичные метаболиты, которые придают растениям аромат, цвет и вкус [5]. Meng et al. [6] отметили, что салат-латук, выращенный на закрытой ферме с контролируемым спектром освещения, дает более сладкий, ароматный и приемлемый вкус по сравнению с салатом, выра-

ценным при естественном солнечном свете в теплицах.

Применение эндофитных бактерий, стимулирующих рост растений PGPEB (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria), предлагает экологичный подход за счет частичной замены (25–50%) минеральных удобрений NPK для улучшения производства сельскохозяйственных культур, повышения урожайности, а также получения высококачественных растений для питания человека [7]. Использование смеси бактериальных биоудобрений, включая *Bacillus* sp., снижает рекомендуемую дозу химических удобрений и позволяет улучшать физико-химические показатели для ряда овощных культур. Биопрепараты на основе органических кислот или бактерий применяют для предпосевной обработки семян, а также непосредственно вносят в почву/субстрат в зависимости от особенностей возделываемой культуры и от препаративной формы удобрения [8–11].

Согласно исследованиям Alaaeldin A. Helaly и др. [12], применение штамма AP-51 *Bacillus cereus* на растениях капусты способствовало получению достоверно значимых различий в вегетативном росте, включая длину растения, количество листьев и площади листьев, по сравнению с контролем и двумя другими штаммами бактерий AP-28 *Pseudomonas koreensis*, AP-29 *Ralstonia pickettii*.

Оптимизация системы освещения, разработка световой формулы и стратегии управления окружающей среды могут увеличить накопление биомассы за счет максимизации эффективности фотосинтеза и значительно повысить накопление продуктов фотосинтеза, что важно для урожайности и качества сельскохозяйственных культур [13].

Цель исследований – изучить влияние бактерий *Bacillus cereus* на развитие и накопление биологически активных веществ в растениях томатов, выращенных при светодиодном и натриевом освещении.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыты по изучению влияния освещения и бактериальной культуры на рост растений и качество плодов томатов проводили в 2021,

2022 гг. в отделе закрытых искусственных агроэкосистем для растениеводства на базе Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (Москва).

Объектом исследований выбран сорт Благодатный селекции Федерального научного центра овощеводства. Сорт отличается среднеранним развитием – от массовых всходов до созревания 98–107 сут, детерминантным типом. В плодах содержится сухих веществ до 6% и общего сахара – 3,5%. Рекомендуется для свежего потребления, консервирования и засолки.

Споры бактерий *Bacillus cereus* приобретены в ГУП «Московский городской центр дезинфекции». Приобретенный материал представлял высушенные споры бактерий штамма 96. В стерильных условиях в пробирку Эппендорфа (1,5 мл), содержащую споры бактерий, вносили по 0,5 мл питательной среды и инкубировали в термостате в течение 24–48 ч при температуре 37 °C до полного изменения цвета среды. Полученную суспензию применяли в качестве биоудобрения.

Биоудобрение вносили экзогенно один раз за вегетационный период томатов на ранних стадиях развития растений (формирование 3–4 листьев). В прикорневую часть растений томатов вводили суспензию спор *B. cereus* в концентрации 10<sup>3</sup> КОЕ. Контролем служили растения без добавления бактериальной культуры. Эксперимент включал 4 варианта, в каждом варианте – по 16 растений (см. табл. 1).

Растения томатов выращивали гидропонным способом по малообъемной технологии с капельным поливом в климатической камере производства ВИМ (Россия). При проведении эксперимента в камере выдерживались

Табл. 1. Схема эксперимента

Table 1. Scheme of the experiment

| № п/п | Вариант опыта                                | Тип излучения            |
|-------|----------------------------------------------|--------------------------|
| 1     | Контроль – без обработки растений бактериями | Натриевое (далее Na)     |
| 2     | Растения, обработанные бактериями            | Светодиодное (далее LED) |
| 3     | Контроль – без обработки растений бактериями |                          |
| 4     | Растения, обработанные бактериями            |                          |

следующие условия: температурный режим днем поддерживали в пределах 22–24 °С, ночью – 14–16 °С при 16-часовом световом дне и относительной влажности воздуха 60–65%.

Для проведения исследований использовали спектр светодиодного освещения с освещенностью на уровне растений 13 900 лк и суммарной ФАР 278 ммоль / (м<sup>2</sup> · с): синий/blue (47,9 ммоль / (м<sup>2</sup> · с)), зеленый/green (62,5 ммоль / (м<sup>2</sup> · с)), красный/red (119,3 ммоль / (м<sup>2</sup> · с)), дальний красный/far red (48,3 ммоль / (м<sup>2</sup> · с)) – в пропорции В : G : R : FR ~ 17 : 23 : 43 : 17 (см. рис. 1).

В качестве контрольного источника освещения использованы две натриевые трубчатые лампы (ДНАТ-600, цвет желтый) и одна металлогалогенная лампа (ДРИ-600/4К, цвет белый). Освещенность на уровне растений составила 13 900 лк, ФАР – 270 ммоль / (м<sup>2</sup> · с).

Измерения плотности потока фотонов и спектрального состава излучения проводили с помощью прибора МК350D Compact Spectrometer (UPRtek Corp. Miaoli County, Taiwan). Количественное содержание основных пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) в листьях томатов определяли на спектрофотометре Спекс ССП-705М (Россия). Концентрацию пигментов рассчитывали для 100%-го ацетона по уравнению Хольма–Веттштейна. Определение сухого вещества – методом высушивания навески до постоянной массы в сушильном шкафу Memmert UN-450 (Германия) по ГОСТ 28561–90. Общую титруемую кислотность в плодах томата

определяли по ГОСТ ISO 750–2013. Определение индекса Brix (Брикс) в плодах томатов проводили на рефрактометре Atago Pal-1 (Japan). Определение содержания органических кислот в плодах томатов проводили методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель-205» (Россия).

Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью дисперсионного анализа ANOVA, используя STADIA 8.0 (Россия). Достоверные различия между средними рассчитывали с помощью теста Дункана при уровне вероятности  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Интенсивность линейного роста растений зависит от сортовых особенностей культуры, условий выращивания и режима питания. На рис. 2 представлена диаграмма прироста длины побегов растений томатов по фазам развития. Наблюдения в опыте показали, что в течение вегетационного периода растения томатов, выращиваемые под светодиодным освещением, отличались большей длиной побега по сравнению с натриевым вариантом. В фазу 4–6 настоящих листьев длина побега томатов составила до 20 см в камере с LED освещением и до 16 см – с Na освещением. В фазе начала цветения растения томатов имели длину главного побега в среднем 33,6 см. Самые высокие растения отмечены в камере со светодиодным освещением (36,0 см), независимо от действия бактерий.

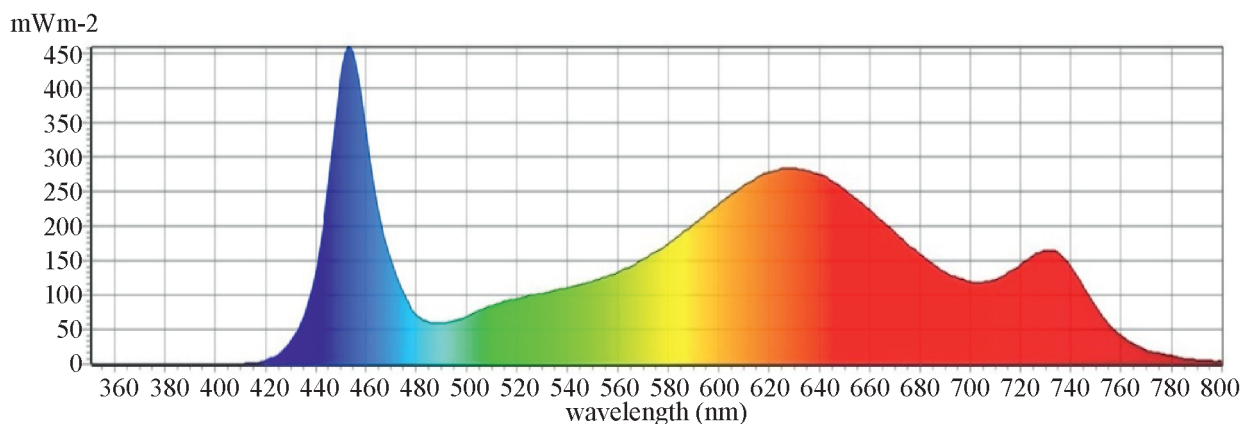
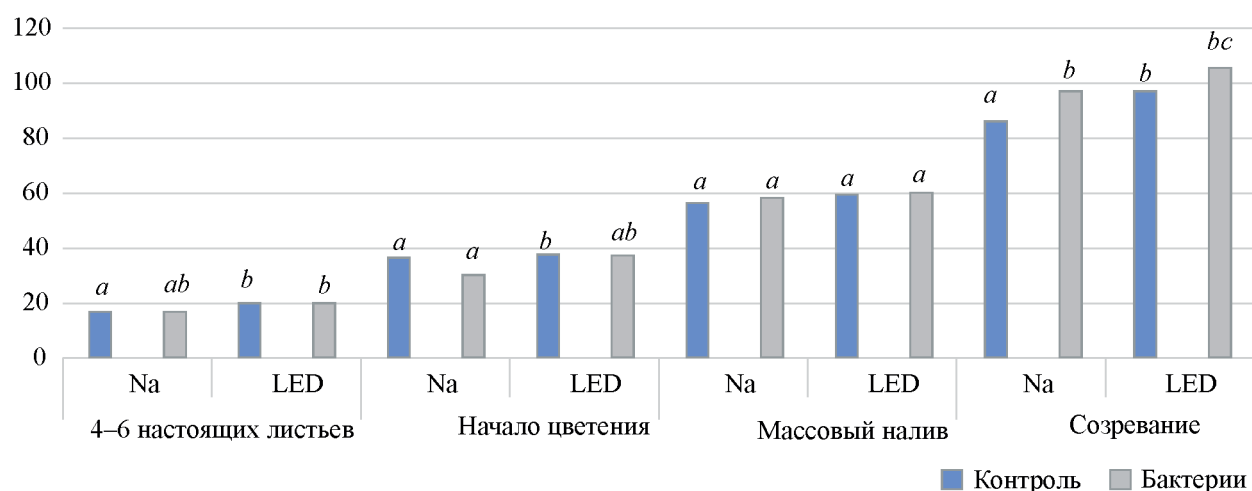


Рис. 1. Спектральный состав освещения

Fig. 1. Spectral composition of lighting



**Рис. 2.** Высота растений томатов сорта Благодатный, выращенного в условиях закрытой агроэкосистемы, см

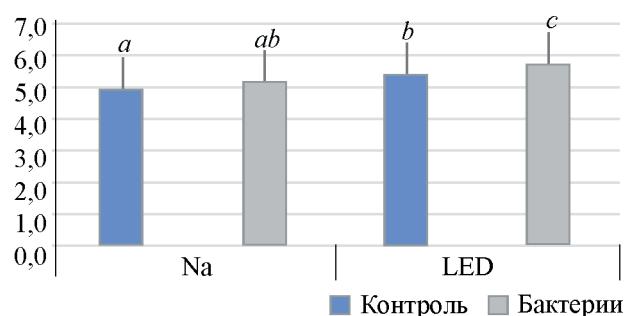
**Fig. 2.** Height of tomato plants of the Blagodatny variety grown in a closed agroecosystem, cm

В фазу созревания длина побегов варьировала от 84,0 до 101,5 см в зависимости от варианта опыта. На данной стадии развития растений проявилось действие бактериальной культуры *B. cereus* на темпы роста с достоверно значимыми различиями как при Na, так и при LED освещении. В ряде работ показано, что присутствие ризобактерий *Pseudomonas* sp. 2.4.1 в ризосфере приводило к ускорению роста и накоплению сухой биомассы листьев томата [14]. При применении смеси штаммов рода *Bacillus* увеличивалось количество кистей, цветков и плодов томата [15].

Применение бактериальной культуры *B. cereus* повышает накопление сухого вещества до 5,73% в плодах томатов, выращенных при LED освещении. По содержанию сухих веществ достоверных различий между вариантами опыта при Na освещении не выявлено. Массовая доля сухого вещества в плодах томатов, выращенных при Na освещении с применением бактерий, находилась на уровне контроля при LED освещении (см. рис. 3).

В камере с Na освещением без внесения бактерий массовая доля сухих веществ в плодах томатов составила 4,93% в сравнении с LED (5,41%).

Основными компонентами фотосинтезирующей системы растений являются пигменты, которые служат первичными фоторецеп-



**Рис. 3.** Содержание сухих веществ в плодах томата сорта Благодатный, %

**Fig. 3.** Dry matter content in fruits of the Blagodatny tomato variety, %

торами в процессе фотосинтеза. Приспособленность растений к определенному световому режиму проявляется в изменении пигментного состава. В результате проведенных анализов установлено, что соотношения фотосинтетических пигментов в изучаемых вариантах опыта различно (см. табл. 2). Применение бактериальной культуры *B. cereus* способствовало увеличению концентрации хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов по сравнению с контролем. В листьях томатов, выращенных под Na (контрольным) освещением с применением *B. cereus*, средний показатель содержания хлорофилла *a* и *b* составил 4,24 и 1,70 мг/г соответственно по сравнению с растениями без применения бактерий 3,62 мг/г (хлорофилла *a*) и 1,27 мг/г (хлорофилла *b*).

**Табл. 2.** Содержание основных фотосинтетических пигментов в растениях томата сорта Благодатный, мг/г (сырой массы)

**Table 2.** Contents of the main photosynthetic pigments in tomato plants of the Blagodatny variety, mg/g (wet weight)

| Тип освещения | Вариант опыта | Хл. <i>a</i> | Хл. <i>b</i> | Хл. ( <i>a+b</i> ) | Каротиноиды |
|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|
| Na            | Контроль      | 3,62 ± 0,3   | 1,27 ± 0,2   | 4,89 ± 0,3         | 0,97 ± 0,2  |
|               | Бактерии      | 4,24 ± 0,4   | 1,70 ± 0,3   | 5,94 ± 0,4         | 1,19 ± 0,3  |
| LED           | Контроль      | 3,55 ± 0,3   | 1,42 ± 0,3   | 4,97 ± 0,3         | 0,83 ± 0,2  |
|               | Бактерии      | 4,48 ± 0,4   | 1,77 ± 0,3   | 6,25 ± 0,5         | 1,16 ± 0,2  |

В варианте опыта с LED освещением отмечена аналогичная тенденция по увеличению накопления фотосинтетических пигментов с применением бактериальной культуры. Под действием бактерий содержание каротиноидов в биомассе листьев томатов накапливалось в меньшей степени по сравнению с другими пигментами и находилось на уровне 1,16–1,19 мг/г в варианте с бактериями по сравнению с контролем 0,83–0,97 мг/г. Источник освещения достоверно не повлиял на накопление фотосинтетических пигментов.

Общее содержание хлорофиллов (*a + b*) составило 5,94 мг/г (Na освещение) и 6,25 мг/г (LED освещение), что превышает контрольные варианты без присутствия *B. cereus* на 21,5 и 25,8% соответственно. Однако по статистической оценке достоверных различий между данными показателями не наблюдали.

На вкусовые качества плодов томатов оказывают влияние содержание органических кислот и индекс Brix. При анализе индекса Brix в плодах томатов отмечено, что содержание общих сахаров было на уровне 2,2–3,5% с наибольшим значением в варианте с применением *B. cereus* при выращивании растений

в камере LED. Показатель общей титруемой кислотности среди изученных вариантов находился в пределах 0,29–0,36%. Между контролем Na освещения (0,29%) и вариантами с применением бактериальной суспензии при разных источниках освещения отмечены достоверные различия (см. табл. 3).

Сахарокислотный индекс является одним из критериев оценки качества плодов. Данный показатель характеризует гармоничность вкуса в отношении сахара и кислоты. В наших исследованиях данный показатель составил 7,59–9,72 в зависимости от варианта опыта. Высокие значения наблюдали в вариантах с LED освещением (8,82–9,72), что достоверно превышало контроль (7,59). Оценивая воздействие биоудобрения на основе *B. cereus* на вкусовые качества плодов томата, стоит отметить, что при Na освещении действие бактерий нивелируется по сравнению с растениями, выращенными при LED освещении.

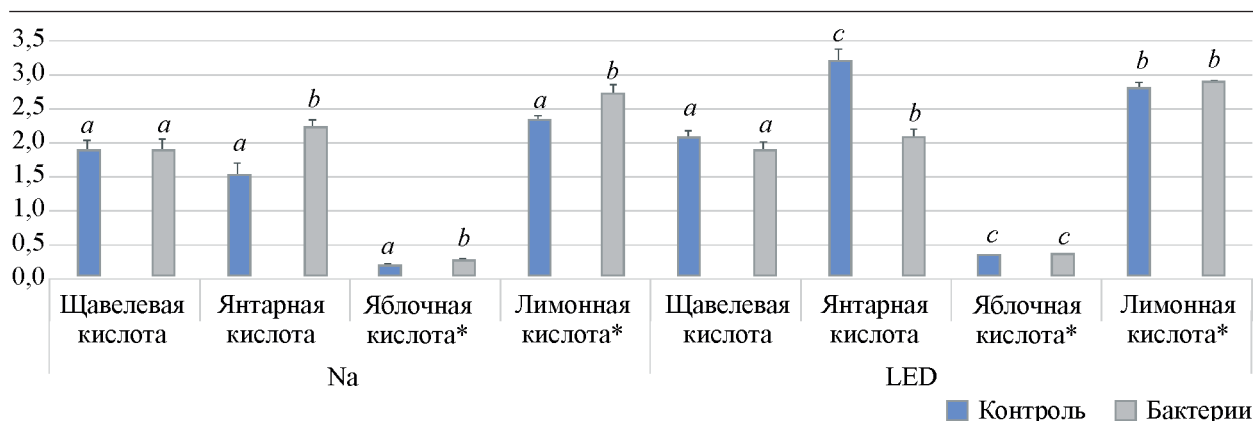
При химическом анализе методом капиллярного электрофореза определен состав органических кислот в плодах томата сорта Благодатный (см. рис. 4). Оценивая действие разных типов светового освещения и приме-

**Табл. 3.** Биохимические показатели плодов томата сорта Благодатный

**Table 3.** Biochemical parameters of the fruits of the Blagodatny tomato variety

| Тип освещения | Вариант опыта | Индекс Brix, %    | Титруемая кислотность, % | Сахарокислотный индекс |
|---------------|---------------|-------------------|--------------------------|------------------------|
| Na            | Контроль      | 2,20 <sub>a</sub> | 0,29 <sub>a</sub>        | 7,59 <sub>a</sub>      |
|               | Бактерии      | 2,70 <sub>b</sub> | 0,33 <sub>b</sub>        | 8,18 <sub>ab</sub>     |
| LED           | Контроль      | 3,00 <sub>b</sub> | 0,34 <sub>b</sub>        | 8,82 <sub>b</sub>      |
|               | Бактерии      | 3,50 <sub>c</sub> | 0,36 <sub>b</sub>        | 9,72 <sub>c</sub>      |





**Рис. 4.** Содержание органических кислот в плодах томата сорта Благодатный, мг/100 г сырой массы (\*г/кг сырой массы)

**Fig. 4.** The content of organic acids in the fruit of the Blagodatny tomato variety, mg/100 g wet weight (\*g/kg wet weight)

нение бактерий *B. cereus* на накопление биологически активных веществ в плодах томатов, были выявлены некоторые закономерности. Тип светового освещения способствовал накоплению содержания в большей степени лимонной и яблочной кислот в плодах томатов (см. рис. 4).

Сравнивая контрольные варианты растений томатов, выращенных при разном источнике освещения, установлено, что LED освещение оказывало лучшее воздействие на синтез указанных выше органических кислот (см. рис. 4). Содержание яблочной кислоты в камере с LED освещением составило 34,43 мг/100 г сырой массы по сравнению с Na освещением (контроль) – 21,28 мг/100 г сырой массы плодов томатов.

Растения томатов, обработанные биоудобрением на основе *B. cereus*, отличались формированием плодов с большим содержанием янтарной, яблочной и лимонной кислот с Na типом освещения. При анализе плодов томатов, выращенных под LED освещением, отмечено изменение в накоплении только янтарной кислоты. Синтез щавелевой кислоты в плодах томатов не зависел от изученных факторов (типа освещения и применение бактерий *B. cereus*). Концентрация щавелевой кислоты опыта находилась на уровне 1,87–2,08 мг/100 г сырой массы плодов томатов в зависимости от варианта опыта.

Анализ полученных данных в опыте показал, что ключевым фактором в формиро-

вании урожая томатов являлся источник освещения. Так, урожайность томатов при LED освещении составила 1,89 кг/куст, при Na освещении данный показатель находился на уровне 1,53 кг/куст. Применение биоудобрения на основе *B. cereus* при выращивании томатов не оказало достоверно значимых различий на урожайность плодов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали, что параметры роста и развития томатов под LED освещением отличались большей длиной побега по сравнению с Na типом освещения. В фазу созревания проявилось действие внесения бактериальной культуры *B. cereus* на темпы роста с достоверно значимыми различиями. Применение бактериальной культуры *B. cereus* способствует накоплению сухого вещества до 5,73% в плодах томатов, выращенных при LED освещении. По содержанию сухих веществ достоверных различий между вариантами опыта при Na освещении не выявлено. По соотношению концентраций всех проанализированных органических кислот в эксперименте преобладает лимонная кислота, далее по содержанию – яблочная кислота. LED освещение позволяет активнее накапливать органические кислоты в плодах томатов сорта Благодатный. Содержание яблочной кислоты в камере с LED освещением составило 34,43 мг/100 г сырой массы по сравнению с Na (контроль) – 21,28 мг/100 г сырой массы плодов томатов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлева Л.А. Сити-фермерство как перспективное направление развития агропроизводства // Научная жизнь. 2020. Т. 15. № 4 (104). С. 492–503.
2. Zhang X., Bian Z., Yuan X., Chen X., Lu C.A. Review on the Effects of Light-Emitting Diode (LED) Light on the Nutrients of Sprouts and Microgreens. // Trends Food in Food Science & Technology. 2020. Vol. 99. P. 203–216. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.02.031.
3. Santin M., Ranieri A., Castagna A. Anything New under the Sun? An Update on Modulation of Bioactive Compounds by Different Wavelengths in Agricultural Plants // Plants. 2021. Vol. 10. P. 1485. DOI: 10.3390/plants10071485.
4. Xu Y. Nature and source of light for plant factory. In Plant Factory Using Artificial Light // The Netherlands. Elsevier: Amsterdam. 2019. P. 47–69.
5. Kozai T., Niu G., Takagaki M. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production. Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2019.
6. Meng Q., Boldt J., Runkle E.S. Blue Radiation Interacts with Green Radiation to Influence Growth and Predominantly Controls Quality Attributes of Lettuce // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2020. Vol. 145. N 2. P. 75–87. DOI: 10.21273/JASHS04759-19.
7. Abd-Elkader D.Y., Hassan S.M. Influence of different fertilization and harvest time on growth, head characters and nutrition quality of endive under sandy soil // American Journal of Plant Physiology. 2016. Vol. 11. P. 23–32.
8. Knyazeva I.V., Vershinina O.V., Gudimo V.V., Grishin A.A., Dorokhov A.S. The effect of succinic acid on the productivity of *Lactuca sativa* L. in artificial agroecosystems // Agronomy Research. 2021. Vol. 19. N 2. P. 496–506. DOI: org/10.15159/AR.21.092.
9. Knyazeva I.V., Dorokhov A.S., Vershinina O.V., Myachikova N.I., Grishin A.A., Gudimo V.B., Georgescu C. The effect of amber acid on the productivity and chemical composition of tomatoes grown in a climatic chamber // Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2021. Vol. 22. N 3. P. 311–319.
10. Khan M.A., Asaf S., Khan A.L. Thermotolerance effect of plant growth-promoting *Bacillus cereus* SA1 on soybean during heat stress // BMC Microbiol. 2020. Vol. 175. DOI: 10.1186/s12866-020-01822-7.
11. Ahmed M.Ali, Mahrous Y.M. Awad, Sabry A. Hegab, Assem Mohamed Abd El Gawad & Mamdouh A. Eissa. Effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on growth and yield of potato // Journal of Plant Nutrition. 2021. Vol. 44 (3). P. 411–420. DOI: 10.1080/01904167.2020.1822399.
12. Alaaeldin A. Helaly, Emad Mady, Emad A. Salem, Timothy O. Randhir Stimulatory effects of growth-promoting bacteria on growth, nutritional composition, and yield of kale plants // Journal of Plant Nutrition. 2022. Vol. 45 (16). P. 2465–2477. DOI: 10.1080/01904167.2022.2046084.
13. Масленникова Д.Р., Чубукова О.В., Вершинина З.Р., Емелина А.А., Насырова К.Р., Хакимова Л.Р., Михайлова Е.В. Влияние ростостимулирующих бактерий на рост и содержание фотосинтетических пигментов в листьях растений томата // Биомика. 2021. Т. 13. № 3. С. 274–279.
14. Масленникова В.С., Цветкова В.П.1, Петров А.Ф., Пастухова А.В. Влияние бактерий рода *Bacillus* на рост и продуктивность томата сорта Спок // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2021. № 1 (58). С. 56–63. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-58-1-56-63.
15. Nicole C.C.S., Mooren J., Pereira Terra A.T., Larsen D.H., Woltering E.J., Marcelis L.F.M., Verdonk J., Schouten R., Troost F. Effects of LED lighting recipes on postharvest quality of leafy vegetables grown in a vertical farm // Acta Horticulturae. 2019. 1256. P. 481–488. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1256.68.

## REFERENCES

1. Zhuravleva L.A. City farming as a promising direction for the development of agricultural production. *Nauchnaya zhizn' = Scientific Life*, 2020. T. 15. № 4 (104), pp. 492–503. (In Russian).
2. Zhang X., Bian Z., Yuan X., Chen X., Lu C.A. Review on the Effects of Light-Emitting Diode (LED) Light on the Nutrients of Sprouts and Microgreens. *Trends Food in Food Science & Technology*, 2020, vol. 99, pp. 203–216. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.02.031.
3. Santin M., Ranieri A., Castagna A. Anything New under the Sun? An Update on Modulation of Bioactive Compounds by Different Wavelengths in Agricultural Plants. *Plants*, 2021, vol. 10, pp. 1485. DOI: 10.3390/plants10071485.
4. Xu Y. Nature and source of light for plant factory. In Plant Factory Using Artificial Light. *The Netherlands*. Elsevier: Amsterdam, 2019, pp. 47–69.

5. Kozai T., Niu G., Takagaki M. Plant Factory: *An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. Academic Press, Cambridge, MA, USA, 2019.
6. Meng Q., Boldt J., Runkle E.S. Blue Radiation Interacts with Green Radiation to Influence Growth and Predominantly Controls Quality Attributes of Lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2020, vol. 145, no. 2, pp. 75–87. DOI: 10.21273/JASHS04759-19.
7. Abd-Elkader D.Y., Hassan S.M. Influence of different fertilization and harvest time on growth, head characters and nutrition quality of endive under sandy soil. *American Journal of Plant Physiology*, 2016, vol. 11, pp. 23–32.
8. Knyazeva I.V., Vershinina O.V., Gudimo V.V., Grishin A.A., Dorokhov A.S. The effect of succinic acid on the productivity of *Lactuca sativa* L. in artificial agroecosystems. *Agronomy Research*, 2021, vol. 19, no. 2, pp. 496–506. DOI: 10.15159/AR.21.092.
9. Knyazeva I.V., Dorokhov A.S., Vershinina O.V., Myachikova N.I., Grishin A.A., Gudimo V.B., Georgescu C. The effect of amber acid on the productivity and chemical composition of tomatoes grown in a climatic chamber. *Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 2021, vol. 22, no. 3, pp. 311–319.
10. Khan M.A., Asaf S., Khan A.L. Thermotolerance effect of plant growth-promoting *Bacillus cereus* SA1 on soybean during heat stress. *BMC Microbiol* 20. 2020, vol. 175. DOI: 10.1186/s12866-020-01822-7.
11. Ahmed M.Ali, Mahrous Y.M. Awad, Sabry A. Hegab, Assem Mohamed Abd El Gawad & Mamdouh A. Eissa Effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on growth and yield of potato. *Journal of Plant Nutrition*, 2021, vol. 44 (93), pp. 411–420. DOI: 10.1080/01904167.2020.1822399.
12. Alaaeldin A. Helaly, Emad Mady, Emad A. Salem & Timothy O. Randhir Stimulatory effects of growth-promoting bacteria on growth, nutritional composition, and yield of kale plants. *Journal of Plant Nutrition*, 2022, vol. 45 (16), pp. 2465–2477. DOI: 10.1080/01904167.2022.2046084.
13. Maslennikova D.R., Chubukova O.V., Vershinina Z.R., Emelina A.A., Nasyrova K.R., Khakimova L.R., Mikhailova E.V. Effect of PGPR bacteria on growth and content of photosynthetic pigments in leaves of tomato plants. *Biomika = Biomics*, 2021, vol. 13, no. 3, pp. 274–279. (In Russian).
14. Maslennikova V.S., Tsvetkova V.P.I., Petrov A.F., Pastukhova A.V. Influence of the bacillus genus bacteria on the growth and productivity of tomatoes of spok variety. *Vestnik NGAU (Novosibirskii Gosudarstvennyi Agrarnyi Universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2021, vol. 1 (58), pp. 56–63. DOI: 10.31677/2072-6724-2021-58-1-56-63. (In Russian).
15. Nicole C.C.S., Mooren J., Pereira Terra A.T., Larsen D.H., Woltering E.J., Marcelis L.F.M., Verdonk J., Schouten R., Troost F. Effects of LED lighting recipes on postharvest quality of leafy vegetables grown in a vertical farm. *Acta Horticulturae*, 2019, vol. 1256. pp. 481–488. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1256.68

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Князева И.В.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5; e-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

**Вершинина О.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

**Титенков А.В.**, лаборант-исследователь

**Джос Е.А.**, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Inna V. Knyazeva**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 5, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russia; e-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

**Oksana V. Vershinina**, Candidate of Science in Agriculture, Researcher

**Andrey V. Titenkov**, Laboratory Assistant-Researcher

**Elena A. Jos**, Candidate of Science in Biology, Laboratory Head

Дата поступления статьи / Received by the editors 01.09.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 20.01.2023  
Дата публикации / Published 20.06.2023

## ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ СЕРИИ ИЗАГРИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САФЛОРА (*CARTHAMUS TINCTORIUS*)

(✉) Прахова Т.Я.<sup>1</sup>, Дружинин В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный научный центр лубяных культур

Пензенская область, р.п. Лунино, Россия

<sup>2</sup>Пензенский государственный аграрный университет

Пенза, Россия

(✉) e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Представлены результаты анализа влияния микроэлементных удобрений марки Изagri на продуктивность сафлора в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на территории Пензенской области (опытное поле Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства). Объектом изучения служил сафлор красильный сорта Ершовский 4. Опыт заключался в предпосевной обработке семян микроудобрениями серии Изagri. Установлено, что препараты Изagri увеличивают силу роста семян до 1,21–1,57 см, повышают всхожесть на 1,1–8,8%, сохранность растений к уборке – на 0,5–6,2%. На фоне применения удобрений продуктивность сафлора в среднем за 3 года составила 1,30–1,55 т/га, т.е. увеличилась на 0,06–0,25 т/га. Наибольший эффект дали препараты Изagri Форс и Изagri Вита, обработка которыми позволила получить прибавку урожая на 0,23–0,25 т/га. Наибольшая масличность семян отмечена в вариантах с использованием Изagri Азот (29,85%) и Изagri Бор (30,04%): прибавка составила 2,7 и 3,0% соответственно. Применение указанных препаратов снизило лужистость семян до 37,7 и 37,9% соответственно. Наиболее крупные семена сформировались в варианте с Изagri Вита – масса 1 тыс. семян составила 39,16 г. Обработка Изagri Фосфор и Изagri Вита дала незначительное снижение содержания олеиновой кислоты (до 9,94 и 9,62%). При этом применение Изagri Вита максимально увеличило количество линолевой кислоты (до 83,63%). После использования препарата Изagri Форс концентрация данной кислоты снизилась до 81,88%. На основе полученных данных можно сделать вывод, что предпосевная обработка семян микроудобрениями из линейки Изagri способствует улучшению качественных показателей маслосемян и может выступать в качестве приема повышения продуктивности сафлора.

**Ключевые слова:** сафлор красильный, микроудобрения, полевая всхожесть, урожайность, масличность, жирно-кислотный состав, качества семян

## INFLUENCE OF MICROFERTILIZERS OF THE IZAGRI SERIES ON THE PRODUCTIVITY OF SAFFLOWER (*CARTHAMUS TINCTORIUS*)

(✉) Prakhova T.Ya.<sup>1</sup>, Druzhinin V.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal Research Center for Bast Fiber Crops

Lunino, Penza region, Russia

<sup>2</sup>Penza State Agrarian University

Penza, Russia

(✉) e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

The results of the analysis of the influence of Izagri microelement fertilizers on safflower productivity in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region are presented. The studies were conducted in 2020–2022 in the Penza region (experimental field of the Penza Research Institute of Agriculture). The object of the study was safflower of the Ershovsky 4 variety. The experiment consisted in pre-sowing seed treatment with Izagri series of microfertilizers. Izagri preparations were found to increase the growth force of seeds up to 1.21–1.57 cm, germination by 1.1–8.8%, safety of plants for harvesting by 0.5–6.2%. Against the background of fertilizer application, safflower productivity averaged 1.30–1.55 t/ha for 3 years, i.e. increased by 0.06–0.25 t/ha. The greatest effect was produced by Izagri Force and Izagri Vita, which helped to obtain a yield increase of 0.23–0.25 t/ha. The highest oil content of seeds was observed in the variants with Izagri Azot (29.85%) and Izagri Bor (30.04%): the



increase was 2.7 and 3.0% respectively. Application of these preparations reduced seed huskiness to 37.7 and 37.9%, respectively. The largest seeds were formed in the variant with Izagri Vita - weight of 1 thousand seeds was 39.16 g. Treatment with Izagri Phosphorus and Izagri Vita gave a slight decrease in oleic acid content (to 9.94 and 9.62%). At the same time, the use of Izagri Vita maximized the amount of linoleic acid (up to 83.63%). After using Izagri Force, the concentration of this acid decreased to 81.88%. Based on the data obtained, it can be concluded that pre-sowing treatment of seeds with microfertilizers from Izagri line improves the quality indicators of oilseeds and can act as a method to increase the productivity of safflower.

**Keywords:** safflower, microfertilizers, field germination, productivity, oil content, fatty acid composition, seed quality

**Для цитирования:** Прахова Т.Я., Дружинин В.Г. Влияние микроудобрений серии Изагри на продуктивность сафлора (*Carthamus tinctorius*) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 31–39. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-4>

**For citation:** Prakhova T.Ya., Druzhinin V.G. Influence of microfertilizers of the Izagri series on the productivity of safflower (*Carthamus tinctorius*). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 31–39. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-4>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

#### Acknowledgements

The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops (theme no. FGSS-2022-0008).

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большую значимость приобретает проблема климатических метаморфоз, что естественным образом отражается в агрономии [1]. На этом фоне особенно актуальным становится использование в сельскохозяйственном производстве культур, способных противостоять абиотическим и биотическим стрессорам и обеспечить высокие урожаи семян<sup>1</sup>. К таким культурам относится сафлор красильный (*Carthamus tinctorius* L.) – ценная масличная культура, которую можно выращивать в самых разных агроэкологических условиях благодаря ее высокой адаптации к внешней среде, устойчивости к засухе, высоким температурам, патогенам и вредителям<sup>2</sup> [2].

По различным данным, семена сафлора содержат от 25 до 45% масла, которое имеет множество применений в пищевой, косметической, фармацевтической и технической

промышленности [3, 4]. В состав масла входят две основные ненасыщенные жирные кислоты – олеиновая и линолевая (в сумме до 90%) [5, 6]. Высокое содержание линолевой кислоты позволяет использовать масло сафлора в производстве лекарств, применяемых для снижения уровня холестерина при атеросклерозе и болезнях сердца [7]. Кроме того, данное масло хорошо сочетается с другими растительными маслами, способствует улучшению их питательных свойств и используется для изготовления миксов [8].

Масла, относимые к группе высокоолеиновых, в настоящее время приобретают большое значение в пищевой промышленности [3]. Именно такие масла обладают высокой окислительной стабильностью и рекомендуются для производства биодизеля, косметики, смазочных материалов и другой продукции oleохимической промышленности [9, 10].

<sup>1</sup>Kshnikatkina A.N., Kshnikatkin S.A., Alenin P.G., Shchanin A.A., Prakhova T.Ya., Prakhov V.A., Medvedev A.P., Voronova I.A. Biological diversity of non-traditional oil crops // IOP Conference: International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. 2021. Vol. 659. P. 12091.

<sup>2</sup>Еськова О.В., Еськов С.В. Экологические аспекты выращивания сафлора красильного в зависимости от норм и сроков его посева в предгорном Крыму // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 60. С. 87–92.



По данным многих российских [4, 6] и зарубежных [2, 11] исследований, сафлор является теплолюбивым и очень засухоустойчивым растением. Его главная биологическая особенность – наличие корневой системы, которая проникает на глубину до 2 м и хорошо усваивает из почвы различные микро- и макроэлементы. В результате даже на бедных почвах сафлор способен получать достаточное количество питательных веществ для формирования биологической массы [12].

В условиях изменения климата, усиления его аридности и частых засух такая культура, как сафлор, становится все более востребованной. Однако пробелом в возделывании сафлора остается недостаточная изученность технологии его выращивания, в том числе принципов применения микроудобрений, содержащих сбалансированный набор макро- и микроэлементов. Использование удобрений позволяет изменить темпы роста и развития растений, способствует повышению не только продуктивности урожая, но и устойчивости к стрессовым ситуациям<sup>3</sup> [13].

В настоящее время многие авторы занимаются проблемой повышения урожайности сафлора, в том числе на основе использования микроудобрений, однако во всех описанных в литературе исследованиях опыты проводили в других климатических условиях [11, 14, 15]. Работы, посвященные применению препаратов из линейки Изагри на посевах сафлора, отсутствуют. В связи с этим целью наших исследований являлся анализ влияния предпосевной обработки семян микроэлементными удобрениями марки Изагри на продуктивность сафлора красильного в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2020–2022 гг. на полях Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства (обособленное подразделение Федерального научного центра лубяных культур). Почвы опытного участка представлены выщелочен-

ными среднемощными черноземами. Содержание гумуса в пахотном слое достигает в среднем 5,75%,  $pH_{\text{сол}}$  5,4. Количество легкогидролизуемого азота составляет 83,9 мг/кг (по Тюрину и Кононовой, ГОСТ 26951–86), доступного фосфора – 142,6 мг/кг (по Чирикову, ГОСТ 26204–91), обменного калия – 167,5 мг/кг (по Чирикову, ГОСТ 26204–91).

Опыт заключался в предпосевной обработке семян сафлора сорта Ершовский 4 микроудобрением Изагри, представляющим собой большую линейку жидких органоминеральных удобрений с различным соотношением минеральных элементов в водорастворимой форме для обработки семян перед посевом и листовой подкормки растений.

Схема полевого опыта включала следующие варианты: 1) контроль (без обработки); 2) обработка различными видами микроудобрения Изагри в концентрации 1 л/т: а) Изагри Азот; б) Изагри Бор; в) Изагри Вита; г) Изагри Фосфор; д) Изагри Форс.

Посев сафлора проводили в I декаде мая сеялкой СН-16. Способ посева – рядовой, норма высева – 0,3 млн всхожих семян/га. Площадь опытной делянки составляла 10 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Уборку осуществляли прямым способом в фазу полной спелости культуры селекционным комбайном САМПО-130.

Учет урожая, наблюдения и анализы проводили согласно методическим рекомендациям<sup>4</sup>. Площадь листовой поверхности определяли методом высечек в фазу цветения, масличность семян – методом Сокслета, жирно-кислотный состав – методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000.1» согласно ГОСТу Р 51483–99, содержание протеина – методом Кьельдаля в лаборатории агротехнологий Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Сортные и посевные качества семян определяли по ГОСТу 9672–61, в том числе массу 1 тыс. семян – по ГОСТу 10842–89, лужистость – по ГОСТу 10855–64.

Климат лесостепи Среднего Поволжья, куда входит Пензенская область, умеренно

<sup>3</sup>Аленин П.Г., Прахова Т.Я., Сафронкин А.Е. Влияние микроудобрений и регуляторов роста на продуктивность рыжика озимого сорта Пензяк // Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 13–18.

<sup>4</sup>Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: Издательство ВНИИМК, 2010. 323 с.

континентальный. Его отличительная черта – выраженная контрастность, характеризующаяся изменчивостью и неустойчивостью ресурсов тепла и влаги. Вегетация сафлора в 2020 г. протекала в условиях недостаточного увлажнения, гидротермический коэффициент (ГТК) в указанный период составил 0,72. При этом была отмечена резкая смена метеословий по фазам развития культуры. Так, фаза «посев – стеблевание» отличалась обильным увлажнением (ГТК = 1,85), а от стеблевания до цветения развитие растений протекало в засушливых условиях (ГТК = 0,67). Фаза «цветение – спелость» характеризовалась более умеренными показателями (ГТК = 0,92).

Период вегетации культуры в 2021 г. проходил на фоне небольшого дефицита осадков. При этом данная тенденция наблюдалась во все фазы развития растений. Гидротермический коэффициент по всем фенофазам и за вегетационный период в целом был одинаковым – 0,86, за исключением времени от посева до начала стеблевания, когда отмечались острозасушливые условия (ГТК = 0,07).

В 2022 г. развитие сафлора от всходов до цветения проходило при обильном увлажнении (ГТК = 1,38), дальнейший рост культуры (от цветения до спелости) – в условиях сильной засухи (ГТК = 0,23), когда выпало всего 7 мм осадков. Ситуация усугублялась высоким температурным режимом: среднесуточная температура воздуха составила 25,6 °С, что выше климатической нормы на 5,8 °С.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для получения высокой урожайности любой сельскохозяйственной культуры, в том

числе сафлора красильного, необходимо сформировать посевы с оптимальной плотностью продуктивного стеблестоя, которую определяют в первую очередь полевая всхожесть и сохранность растений к уборке. Первоначальные изменения, возникающие в семенах после их обработки микроэлементами веществами, оказывают большое влияние на дальнейшее развитие растений и их продуктивность в целом.

Проведенные лабораторные исследования выявили высокую отзывчивость семян сафлора на предпосевную обработку микроудобрениями серии Изагри. В результате их применения сила роста проростков увеличилась до 1,21–1,57 см, что на 0,03–0,39 см выше, чем в контрольном варианте (см. табл. 1).

Наиболее интенсивная стимуляция начального роста отмечена в вариантах с Изагри Вита и Изагри Форс, где сила роста семян составила 1,57 и 1,48 см соответственно и достоверно превышала контроль. Данный факт свидетельствует о том, что применение этих препаратов увеличивает жизненную силу семян, усиливает их рост и развитие.

При использовании изучаемых препаратов наблюдалась тенденция увеличения процента полевой всхожести на 1,1–8,8% относительно контроля. Наибольший показатель всхожести отмечен в варианте с Изагри Вита – 78,1%, минимальные значения (70,4 и 70,6%) получены в вариантах с Изагри Бор и Изагри Фосфор, обработка которыми не существенно повышала посевные качества семян.

Средняя за 3 года сохранность растений к уборке была высокой (82,0–88,2%) и в зависимости от вида применяемого препара-

**Табл. 1.** Влияние применения различных видов микроудобрения серии Изагри на посевные качества и формирование агроценоза сафлора (2020–2022 гг.)

**Table 1.** Effect of applying different types of Izagri series microfertilizer on the sowing qualities and formation of safflower agrocenosis (2020–2022)

| Вариант           | Сила роста, см | Полевая всхожесть, % | Сохранность к уборке, % | Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га |
|-------------------|----------------|----------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| Контроль          | 1,18           | 69,3                 | 82,0                    | 33,52                                    |
| Изагри Бор        | 1,21           | 70,4                 | 82,5                    | 36,89                                    |
| Изагри Вита       | 1,57           | 78,1                 | 88,2                    | 37,13                                    |
| Изагри Фосфор     | 1,32           | 70,6                 | 84,0                    | 35,67                                    |
| Изагри Азот       | 1,35           | 75,4                 | 87,6                    | 34,45                                    |
| Изагри Форс       | 1,48           | 76,5                 | 86,9                    | 39,65                                    |
| НСР <sub>05</sub> | 0,19           | 1,47                 | 1,57                    | 1,12                                     |

та увеличивалась на 0,5–6,2% относительно контроля. Высокие значения сохранности растений зафиксированы в вариантах с применением удобрений Изагри Вита (88,2%) и Изагри Азот (87,6%), которые в наибольшей мере способствовали улучшению продукционного процесса.

Еще одним показателем, характеризующим состояние агроценоза посевов культуры, является фотосинтетическая деятельность растений, в частности формирование оптимальной площади листьев. Так, в начальный период роста сафлора площадь листьев нарастает очень медленно, и максимум ее приходится на фазу цветения. Наиболее интенсивное нарастание листовой поверхности наблюдали при обработке семян препаратом Изагри Форс: максимальный показатель площади листьев составил 39,65 тыс. м<sup>2</sup>/га, что выше показателей контроля на 6,13 тыс. м<sup>2</sup>/га и на 2,52–6,13 тыс. м<sup>2</sup>/га больше, чем в других вариантах с обработкой.

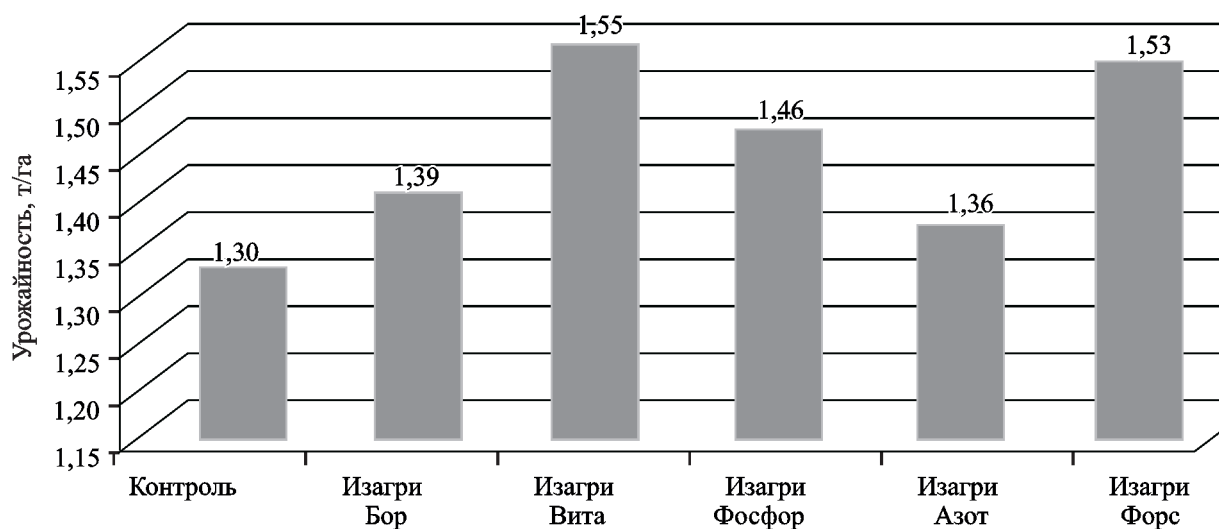
Продуктивность сафлора в среднем за 3 года достигала 1,30–1,55 т/га, при этом наблюдалась тенденция увеличения урожая при использовании препаратов Изагри. Наиболее эффективным было применение Изагри Форс и Изагри Вита, которые способствовали получению урожая объемом 1,53 и 1,55 т/га соответственно. Рост продуктивности семян при обработке составил 0,23 и 0,25 т/га относительно контрольного варианта (см. рис. 1).

Использование Изагри Фосфор также способствовало незначительному, но достоверному увеличению урожая на 0,16 т/га, что находится в пределах наименьшей существенной разницы (0,15 т/га). При обработке семян микроудобрениями Изагри Бор и Изагри Азот фиксировали статистически незначимый рост урожайности семян на 0,06 и 0,09 т/га при НСР<sub>05</sub> = 0,15 т/га.

Следует отметить, что эффективнее всего удобрения работали в 2021 г. (ГТК = 0,86): в этот год растения имели наиболее высокую урожайность 1,63–1,78 т/га при 1,48 т/га в варианте без удобрений.

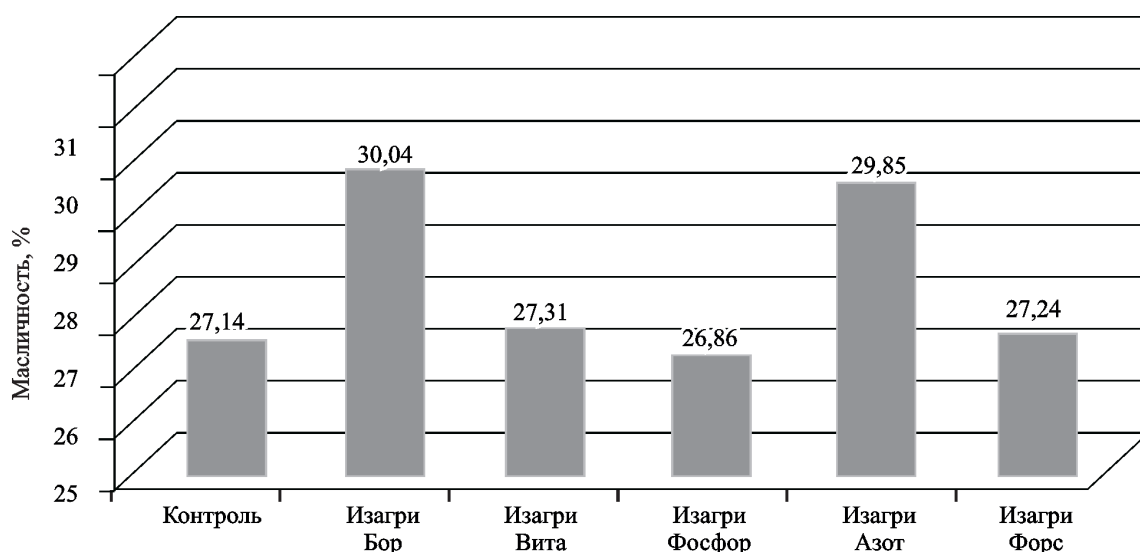
Как указано выше, Изагри Вита и Изагри Форс ощутимо увеличивали урожайность сафлора, однако практически не влияли на процесс маслонакопления. Содержание масла в семенах при их использовании составило 27,31 и 27,24% соответственно, что незначительно выше относительно контрольного варианта – на 0,17 и 0,10% при НСР<sub>05</sub> = 1,04% (см. рис. 2).

Максимального значения показатель масличности достигал в вариантах с обработкой препаратами Изагри Азот (29,85%) и Изагри Бор (30,04%), что было существенно (на 2,71 и 3,0% соответственно) выше по сравнению с контролем. По-видимому, данные препараты наиболее интенсивно участвуют в синтезе углеводов и образовании жиров. В варианте с Изагри Фосфор наблюдали сниже-



**Рис. 1.** Влияние применения различных видов микроудобрения серии Изагри на продуктивность сафлора (2020–2022 гг.)

**Fig. 1.** Effect of applying different types of Izagri series microfertilizer on safflower productivity (2020–2022)



**Рис. 2.** Влияние применения различных видов микроудобрения серии Изагри на содержание масла в семенах сафлора (2020–2022 гг.)

**Fig. 2.** Effect of applying different types of Izagri series microfertilizer on the oil content of safflower seeds (2020-2022)

ние содержания жира до 26,86% при масличности в контрольном варианте 27,14%.

Наибольшее содержание протеина в семенах отмечено в вариантах с обработкой биоудобрениями Изагри Вита и Изагри Бор – 23,55 и 23,18% соответственно (см. табл. 2). Применение Изагри Форс и Изагри Фосфор практически не влияло на накопление протеина, содержание которого в данном случае было на уровне контроля и составило 22,46%. Изагри Азот снижал количество белка в семенах до 21,74% при 22,10% в варианте без обработки.

Масса 1 тыс. семян сафлора варьировала от 36,63 до 39,16 г. Наиболее крупные семена сформировались в результате обработки Изагри Вита: масса 1 тыс. семян составила

39,16 г. В варианте с Изагри Форс масса 1 тыс. семян была несколько ниже – 38,19 г, что незначительно выше, чем в других вариантах.

С агрономической точки зрения семена с высокой натурой более выполненные, имеющие хорошо развитый эндосперм и высокий удельный вес. Семена с низкой натурой более щуплые, невыполненные, характеризующиеся наличием значительного количества оболочек. В нашем опыте натура семян сафлора была достаточно высокой и варьировала от 475,0 г/л в контроле до 514,1 г/л в варианте с Изагри Бор. Максимальный показатель натуре отмечен в вариантах с использованием препаратов Изагри Бор (514,1 г/л) и Изагри Азот (507,1 г/л). Это свидетельствует о том, что семена в данных вариантах хорошо

**Табл. 2.** Влияние применения различных видов микроудобрения серии Изагри на показатели качества семян сафлора (2020–2022 гг.)

**Table 2.** Effect of applying different types of Izagri series microfertilizer on the quality indicators of safflower seeds (2020-2022)

| Вариант           | Содержание протеина, % | Масса 1 тыс. семян, г | Натура, г/л | Лузжистость, % |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-------------|----------------|
| Контроль          | 22,10                  | 36,63                 | 475,0       | 40,6           |
| Изагри Бор        | 23,18                  | 37,82                 | 514,1       | 37,7           |
| Изагри Вита       | 23,55                  | 39,16                 | 502,2       | 38,1           |
| Изагри Фосфор     | 22,46                  | 37,91                 | 483,5       | 39,6           |
| Изагри Азот       | 21,74                  | 36,86                 | 507,1       | 37,9           |
| Изагри Форс       | 22,46                  | 38,19                 | 495,6       | 38,8           |
| НСР <sub>05</sub> | 0,39                   | 0,74                  | 11,57       | 1,54           |



**Табл. 3.** Влияние применения различных видов микроудобрения серии Изагри на содержание основных жирных кислот в маслосеменах сафлора

**Table 3.** Effect of applying different types of Izagri series microfertilizer on the content of essential fatty acids in safflower oilseeds

| Вариант       | Насыщенные    |             | Ненасыщенные |           |             |
|---------------|---------------|-------------|--------------|-----------|-------------|
|               | пальмитиновая | стеариновая | олеиновая    | линолевая | линоленовая |
| Контроль      | 4,28          | 1,45        | 10,56        | 82,98     | 0,11        |
| Изагри Бор    | 4,54          | 1,62        | 10,26        | 82,45     | 0,13        |
| Изагри Вита   | 4,15          | 1,48        | 9,62         | 83,63     | 0,21        |
| Изагри Фосфор | 4,61          | 1,63        | 9,94         | 82,71     | 0,18        |
| Изагри Азот   | 4,25          | 1,50        | 10,88        | 82,20     | 0,23        |
| Изагри Форс   | 4,68          | 1,63        | 10,71        | 81,88     | 0,14        |

выполнены и имеют меньшее число плодовых оболочек (лузги).

Лузжистость семян, в свою очередь, влияет на их масличность: чем ниже лузжистость, тем выше масличность. Увеличения либо снижения лузжистости можно достичь изменением условий питания, например за счет внесения макро- или микроудобрений и т.д. Применение микроудобрений в наших исследованиях снижало лузжистость семян до 37,7–39,6% при 40,6% в контрольном варианте. Низкая лузжистость зафиксирована при обработке препаратами Изагри Бор и Изагри Азот – 37,7 и 37,9% соответственно, как следствие в данных вариантах была наиболее высокая масличность семян.

Применяемые микроудобрения существенного влияния на жирно-кислотный состав маслосемян не оказали. Однако следует отметить небольшие изменения в содержании мононенасыщенной олеиновой кислоты: на фоне Изагри Фосфор и Изагри Вита ее концентрация снизилась до 9,94 и 9,62%. При этом обработка семян Изагри Вита максимально (до 83,63%) увеличила количество полиненасыщенной линолевой кислоты. В результате использования препарата Изагри Форс ее концентрация снизилась до 81,88% относительно других вариантов, где уровень линолевой кислоты находился в пределах 82,20–82,98% (см. табл. 3).

По вариантам содержание насыщенных кислот существенно не менялось и составляло: пальмитиновая – 4,15–4,68%, стеариновая – 1,45–1,63%. Количество линоленовой кислоты варьировало от 0,13 до 0,23% в зависимости от применяемых препаратов. Следовательно, используя микроудобрения, можно

в той или иной степени регулировать состав жирных кислот в маслосеменах сафлора красильного.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предпосевная обработка семян сафлора микроудобрениями марки Изагри способствует улучшению продукционного процесса посевов, повышению продуктивности и качественных показателей маслосемян. Среди рассмотренных удобрений наиболее эффективными являются Изагри Вита и Изагри Форс, применение которых повышало интенсивность начального роста семян, увеличивало полевую всхожесть и позволило добиться прибавки урожая на 0,23 и 0,25 т/га относительно контрольного варианта. В результате использования этих препаратов были получены наиболее крупные семена (масса 1 тыс. составила 39,16 и 38,19 г). Обработка Изагри Азот и Изагри Бор способствовала росту масличности семян на 2,7 и 3,0% соответственно и снижению их лузжистости до 37,7 и 37,9%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Herger N., Angélil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating Climate Model ensembles for assessing extremes in a Changing Climate // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2018. Vol. 123. N 11. P. 5988–6004.
2. Chehade L.A., Luciana G.A., Tavarini S. Genotype and seasonal variation affect yield and oil quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Mediterranean conditions // Agronomy. 2022. Vol. 12 (1). P. 122. DOI: 10.3390/agronomy12010122.

3. Khalid N., Khan R.S., Hussain M.I., Farooq M., Ahmad A., Ahmed I. A comprehensive characterisation of safflower oil for Its potential applications as a bioactive food ingredient – A Review // *Trends in Food Science and Technology*. 2017. Vol. 66. P. 176–186. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.06.009.
4. Турина Е.Л. Значение сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.) и обоснование актуальности исследований с ним в Центральной степи Крыма (обзор) // *Таврический вестник аграрной науки*. 2020. № 1 (21). С. 100–121. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121.
5. Nasiyev B.N., Yessenguzhina A.N. Formation of agricultural landscapes of safflower (*Carthamus tinctorius*) in the system of biologized crop // *Intellect, Idea, Innovation*. 2021. N 1. P. 35–39. DOI: 10.12345/22266070\_2021\_1\_35.
6. Кушникаткина А.Н., Прахова Т.Я., Щанин А.А. Продуктивность и качество сортов образцов сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2019. № 1 (50). С. 2–7.
7. Кароматов И.Д., Акрамова Н.Ш. Перспективное лекарственное растение – сафлор красильный (обзор литературы) // *Биология и интегративная медицина*. 2018. № 6 (23). С. 68–95.
8. Вольф Е.Ю., Козырева В.М., Симакова И.В., Вольф А.А. Исследование жирно-кислотного состава некоторых растительных масел и их купажей // *Ползуновский вестник*. 2021. № 3. С. 131–140. DOI: 10.25712/AS-TU.2072-8921.2021.03.018.
9. Nogales-Delgado S., Encinar J.M., Cortés Á.G. High oleic safflower oil as a feedstock for stable biodiesel and biolubricant production // *Industrial Crops and Products*. 2021. Vol. 170. P. 113701. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113701.
10. Турина Е.Л., Корнев А.Ю. Сортоиспытание сафлора в Крыму и возможность получения биотоплива // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 98. С. 120–125. DOI: 10.21515/1999-1703-98-120-125.
11. Ghassemi-Golezani K., Afkhami N. Safflower productivity and oil yield affected by water limitation and nanofertilizers // *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 2018. Vol. 12. N 5. P. 425–431.
12. Полякова А.И., Алиева О.Ю. Продуктивность сафлора под влиянием минеральных удобрений и регуляторов роста // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2020. № 4. С. 51–55.
13. Сафина Н.В., Кильянова Т.В. Технология возделывания сафлора красильного в условиях Среднего Поволжья // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2019. № 6 (92). С. 95–100.
14. Милованов И.В., Кандалов Е.В., Нарушев В.Б., Кожсагадиева Р.Ж. Влияние стимуляторов роста и микроудобрения на продуктивность сафлора красильного в степной зоне Саратовского Правобережья // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 4. С. 24–29. DOI: 10.28983/asj.y2021i4pp24-39.
15. Насиев Б.Н., Гончаров С.В., Жылкыбай А.М. Изучение биологизированной технологии возделывания сафлора в Западном Казахстане // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 94. С. 131–136. DOI: 10.21515/1999-1703-94-131-136.

## REFERENCES

1. Herger N., Angéilil O., Abramowitz G., Donat M., Stone D., Lehmann K. Calibrating Climate Model ensembles for assessing extremes in a Changing Climate. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2018, vol. 123, no. 11, pp. 5988–6004.
2. Chehade L.A., Luciana G.A., Tavarini S. Genotype and seasonal variation affect yield and oil quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Mediterranean conditions. *Agronomy*, 2022, vol. 12 (1), p. 122. DOI: 10.3390/agronomy12010122.
3. Khalid N., Khan R.S., Hussain M.I., Farooq M., Ahmad A., Ahmed I. A comprehensive characterisation of safflower oil for Its potential applications as a bioactive food ingredient – A Review. *Trends in Food Science and Technology*, 2017, vol. 66, pp. 176–186. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.06.009.
4. Turina E.L. *Carthamus tinctorius* L. value and the relevance of the research with this crop in the Central Steppe of the Crimea (Review). *Tavrisheskiy vestnik agrarnoy nauki = Tauride Bulletin of Agrarian Science*, 2020, no. 1 (21), pp. 100–121. (In Russian). DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-100-121.
5. Nasiyev B.N., Yessenguzhina A.N. Formation of agricultural landscapes of safflower (*Carthamus tinctorius*) in the system of biologized crop. *Intellect, Idea, Innovation*, 2021, no. 1, pp. 35–39. DOI: 10.12345/22266070\_2021\_1\_35.

6. Kshnikatkina A.N., Prakhova T.Ya., Shanin A.A. Productivity and quality of variety samples of safflower in the conditions of the Middle Volga region. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2019, no. 1 (50), pp. 2–7. (In Russian).
7. Karomatov I.D., Akramova N.Sh. Perspective herb – the *Carthamus tinctorial* (literature review). *Biologiya i integrativnaya meditsina = Biology and Integrative Medicine*, 2018, no. 6 (23), pp. 68–95. (In Russian).
8. Wolf E.Yu., Kozyreva V.M., Simakova I.V., Wolf A.A. Research of fat-acid composition of certain vegetable oils and their blends. *Polzunovskiy vestnik = Polzunovskiy vestnik*, 2021, no. 3, pp. 131–140. (In Russian). DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.018.
9. Nogales-Delgado S., Encinar J.M., Cortés Á.G. High oleic safflower oil as a feedstock for stable biodiesel and biolubricant production. *Industrial Crops and Products*, 2021, vol. 170, pp. 113701. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113701.
10. Turina E.L., Kornev A.Yu. Variety testing of *Carthamus tinctorius* in Crimea and the possibility of obtaining biofuel. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2022, no. 98, pp. 120–125. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-98-120-125.
11. Ghassemi-Golezani K., Afkhami N. Safflower productivity and oil yield affected by water limitation and nanofertilizers. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 2018, vol. 12, no. 5, pp. 425–431.
12. Polyakova A.I., Alieva O.Yu. Productivity of safflower under the influence of mineral fertilizers and growth regulators. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2020, no. 4, pp. 51–55. (In Russian).
13. Safina N.V., Kilyanova T.V. Technology of cultivation of safflower in the Middle Volga region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2019, no. 6 (92), pp. 95–100. (In Russian).
14. Milovanov I.V., Kandalov E.V., Narushev V.B., Kozhagalieva R.Zh. Influence of growth stimulants and microfertilizers on the productivity of *Carthamus tinctorius* in the steppe zone of the Saratov Right Bank. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*, 2021, no. 4, pp. 24–29. (In Russian). DOI: 10.28983/asj.y2021i4pp24-39.
15. Nasiev B.N., Goncharov S.V., Zhylybay A.M. Study of the biologized technology of safflower cultivation in Western Kazakhstan. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, 2022, no. 94, pp. 131–136. (In Russian). DOI: 10.21515/1999-1703-94-131-136.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Прахова Т.Я.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 442731, Пензенская область, р.п. Лунино, ул. Мичурина, 1Б; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

**Дружинин В.Г.**, аспирант

## AUTHOR INFORMATION

**Tatyana Ya. Prakhova**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 1B, Michurina St., Lunino, Penza Region, 442731, Russia; e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

**Vitaly G. Druzhinin**, Postgraduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 17.02.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 10.03.2023  
Дата публикации / Published 20.06.2023

## ОЦЕНКА АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ СОРТОВ ОВСА ПО УРОЖАЙНОСТИ В ПРИОБСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Сотник А.Я.

*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»*

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

e-mail: sotnik@bionet.nsc.ru

Представлены результаты оценки адаптивных свойств районированных сортов овса сибирской селекции по урожайности в Приобской лесостепи Новосибирской области. Эксперимент проводили на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции в 2012–2021 гг. Объектом исследования являлись 37 сортов овса, включенных в Госреестр Российской Федерации и районированных по Западно-Сибирскому (№ 10) и Восточно-Сибирскому (№ 11) регионам. Оценку урожайности и фенологические наблюдения осуществляли согласно методике Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Для статистической обработки данных использовали методику Б.А. Доспехова. Потенциальную продуктивность и адаптивность сортов определяли по методике Л.А. Животкова с соавт., устойчивость сортов к стрессовым условиям – по А.А. Гончаренко, размах урожайности – по В.А. Зыкину. Анализ урожайности по группам спелости продемонстрировал закономерную тенденцию: по мере удлинения периода вегетации по группам спелости увеличивается и потенциал продуктивности. Высокими показателями потенциала продуктивности в благоприятные годы и адаптивности к неблагоприятным факторам внешней среды отличались следующие сорта: Краснообский, Мустанг, Метис, Овен, Отрада, Талисман, Иртыш 21, СИР 4, Орион. Высокую адаптивность и стабильность проявили сорта Овен, Новосибирский 5, СИР 4. Способностью давать не максимальную, но высокую стабильную урожайность в любых условиях характеризовались четыре сорта: Крупнозерный, Новосибирский 88, Белозерный, Корифей.

**Ключевые слова:** сорт, группа спелости, урожайность, стабильность

## EVALUATION OF OAT VARIETIES ADAPTIVE PROPERTIES BY PRODUCTIVITY IN THE PRIOBSKAYA FOREST-STEPPE ZONE

Sotnik A.Ya.

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

e-mail: sotnik@bionet.nsc.ru

The results of evaluation of adaptive properties of released oat varieties of Siberian breeding by yield in the Priobskaya forest-steppe of Novosibirsk region are presented. The experiment was conducted on the experimental field of the Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding in 2012–2021. The object of the study were 37 oat varieties included in the State Register of the Russian Federation and released in the West Siberian (№ 10) and East Siberian (№ 11) regions. Yield estimation and phenological observations were carried out according to the methodology of N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. For statistical data processing the method of B.A. Dospekhov was used. Potential productivity and adaptability of the varieties were determined by L.A. Zhivotkov et al. method, resistance of the varieties to stress conditions - by A.A. Goncharenko, the yield spread - by V.A. Zysin. Analysis of yields by groups of ripeness showed a natural tendency: as the growing season lengthens by groups of ripeness, the productivity potential also increases. The following varieties had high indicators of productivity potential in favorable years and adaptability to adverse environmental factors: Krasnoobsky, Mustang, Metis, Oven, Otrada, Talisman, Irtysh 21, SIR 4, Orion. The varieties Oven, Novosibirsk 5, CIR 4 showed high adaptability and stability. Four varieties were characterized by the ability to give not the maximum, but high stable yield under any conditions: Krupnozerny, Novosibirsk 88, Belozerny, and Korifey.

**Keywords:** variety, ripeness group, productivity, stability



Для цитирования: Сотник А.Я. Оценка адаптивных свойств сортов овса по урожайности в Приобской лесостепи // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 40–46. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-5>

For citation: Sotnik A. Ya. Evaluation of oat varieties adaptive properties by productivity in the Priobskaya forest-steppe zone. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 40–46. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-5>

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа поддержана бюджетным проектом Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики СО РАН» № FWNР-2022-0018.

#### Acknowledgements

The work was supported by the budget project of the FRC IC&G SB RAS no. FWNР-2022-0018.

## ВВЕДЕНИЕ

Благодаря сбалансированному соотношению незаменимых аминокислот в составе растительного белка овес считается культурой многоцелевого использования [1, 2]. В связи с этим стабильное производство зерна овса в различных агроклиматических условиях является важнейшей задачей<sup>1</sup> [3]. Решение данной проблемы возможно в том числе благодаря созданию и использованию новых сортов<sup>2, 3</sup> [4].

Для селекции новых сортов необходимо располагать набором сортов с высокой потенциальной продуктивностью, обладающих экологической пластичностью и стабильностью в различных агроклиматических условиях [5, 6]. В настоящее время включены в Госреестр Российской Федерации и рекомендованы для выращивания в Западно-Сибирском (№ 10) и Восточно-Сибирском (№ 11) регионах 64 сорта овса, абсолютное большинство из которых выведены сибирскими селекционерами. Многие из них отличаются сочетанием трудновосприимчивых признаков: высокая урожайность – качество зерна, засухоустойчивость – устойчивость к полеганию. Важной задачей является повышение адаптивности но-

вых сортов для стабилизации урожайности в различных стрессовых ситуациях.

Цель исследования – оценить адаптивные свойства районированных сортов овса, созданных селекционерами Сибири, по урожайности в Приобской лесостепи Новосибирской области.

Объект исследования – 37 сортов овса, включенных в Госреестр РФ и районированных по Западно-Сибирскому и Восточно-Сибирскому регионам<sup>4, 5</sup>.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперимент проходил на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института, расположенном в 5 км от р.п. Краснообск Новосибирской области. Была проведена оценка сибирского генофонда (демонстрационный питомник) за 10 лет (2012–2021). Агротехника при проведении опыта – общепринятая для данной зоны. Площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, срок сева – преимущественно II декада мая. Нормы высева 550 всхожих семян/1 м<sup>2</sup>.

Оценку урожайности и фенологические наблюдения осуществляли согласно методике Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова<sup>6</sup>. Статистическую обработку данных проводили

<sup>1</sup>Баталова Г.А. Состояние и перспективы селекции и возделывания зернофуражных культур в России // Зерновое хозяйство России. 2011. № 3. С. 14–22.

<sup>2</sup>Чекмарев П.А. Стратегия развития селекции и семеноводства в России // Земледелие. 2011. № 6. С. 3–5.

<sup>3</sup>Комарова Г.Н. Селекция овса в Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 12–13.

<sup>4</sup>Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. URL: <https://gossortrf.ru/gosreestr/> (дата обращения: 04.10.2022 г.).

<sup>5</sup>Каталог сортов сельскохозяйственных культур, созданных учеными Сибири и включенных в Госреестр РФ (районированных) в 1929–2008 гг. Новосибирск, 2009. Вып. 4. Т. 1. 207 с.

<sup>6</sup>Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб., 2012. 63 с.

по методике Б.А. Доспехова<sup>7</sup>. Потенциальную продуктивность и адаптивность сортов определяли по методике Л.А. Животкова с соавт.<sup>8</sup>, устойчивость сортов к стрессовым условиям – по методике А.А. Гончаренко<sup>9</sup>, размах урожайности – по методике В.А. Зыкина<sup>10</sup>.

По данным метеорологической станции, расположенной в п. Огурцово, годы проведения исследований значительно различались по температуре и количеству осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК), показывающий соотношение объема осадков и суммы эффективных температур<sup>11</sup>, в период с мая по август варьировал по годам от 0,59 до 3,17. Влагообеспеченность вегетационного периода была следующей: в 2012 г. – очень низкая (ГТК = 0,59), в 2014, 2016, 2019, 2021 гг. – недостаточная (ГТК = 1,06–1,36), в 2015, 2017, 2020 гг. – достаточная (ГТК = 1,58–1,78), в 2018 г. – повышенная (ГТК = 1,94), в 2013 г. – избыточная (ГТК = 3,17). Градация влагообеспеченности представлена по классификации Е.К. Зоидзе, Т.В. Хомяковой<sup>12</sup>. Отмеченные в разные годы изменения метеорологических условий отражают важную климатическую особенность региона – абсолютную нестабильность по увлажнению и температурному фактору.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования изучаемые сорта разделили по средней за 10 лет продолжительности периода «всходы – восковая спелость» на группы спелости. Из 37 сортов три сорта являются ранними, 14 – среднеранними, 19 – среднеспелыми, а в группу «Среднепоздние» вошел только сорт Иртыш 22.

Анализ урожайности по группам спелости показал, что по мере увеличения продолжительности вегетации сортов по группам спе-

лости увеличивается и потенциал продуктивности (см. таблицу). Эта биологически обусловленная закономерность общеизвестна и отмечена также в ряде других исследований [7–9].

Величина урожайности за 10 лет варьировала от 264 (сорт Байкал, 2012 г.) до 1387 г/м<sup>2</sup> (сорт Догой, 2019 г.). В наиболее благоприятные по агроклиматическим условиям годы потенциал продуктивности реализовали следующие сорта: ранние – Таежник, Краснообский, среднеранние – Мустанг, Тарский 2, Овен, Метис, Тулунский 19, Иртыш 13, среднеспелые – СИР 4, Егорыч, Орион, Иртыш 21, Догой, Талисман, Отрада.

Уровень урожайности сортов при возделывании в различных условиях служит критерием их общей адаптивной способности. Методика Л.А. Животкова с соавт. основана на сравнении урожайности сортов со среднесортной урожайностью за год. Одной из наиболее важных закономерностей морфогенеза является положение о доминировании видовых реакций адаптации над специфическими чертами морфогенеза у разных сортов: на факторы внешней среды все одновременно испытываемые сорта реагируют как одновидовая система, хотя отдельные сорта имеют разную урожайность, она не выходит за пределы видовой нормы (см. сноску 8).

Согласно указанной методике, по группам спелости проведено сравнение сортов со среднегрупповым значением. При этом цифровое значение данного показателя выражалось коэффициентом адаптивности (как относительная величина). По коэффициенту адаптивности выделились сорта: Краснообский, Уран, Новосибирский 5, Метис, Памяти Богачкова, Овен, Мустанг, Тогурчанин, Сиг,

<sup>7</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

<sup>8</sup>Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.

<sup>9</sup>Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Россельхозакадемии. 2005. № 6. С. 49–53.

<sup>10</sup>Зыкин В.А., Шаманин В.П., Белан И.А. Экология пшеницы: монография. Омск, 2000. 124 с.

<sup>11</sup>Грингоф И.Г., Попова В.В., Страшный В.Н. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 310 с.

<sup>12</sup>Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. 2006. № 2. С. 98–105.

Адаптивность сортов овса по урожайности (2012–2021 гг.)  
Adaptability of oat varieties by yield (2012-2021)

| Сорт, происхождение                     | Вегетационный период, сут | Урожайность, г/м <sup>2</sup> |             |              | Показатели адаптивности  |                                       |                                              |      |
|-----------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|------|
|                                         |                           | $X \pm S_x$                   | минимальная | максимальная | коэффициент адаптивности | стрессоустойчивость, г/м <sup>2</sup> | компенсаторная способность, г/м <sup>2</sup> | d, % |
| 1                                       | 2                         | 3                             | 4           | 5            | 6                        | 7                                     | 8                                            | 9    |
| <i>Ранние</i>                           |                           |                               |             |              |                          |                                       |                                              |      |
| Тасжик, Томская область                 | 68 ± 2                    | 734 ± 78                      | 330         | 1194         | 1,04                     | –864                                  | 762                                          | 72   |
| Краснообский, Новосибирская область     | 70 ± 2                    | 744 ± 85                      | 350         | 1179         | 1,05                     | –829                                  | 764                                          | 70   |
| Сибиряк, Иркутская область              | 70 ± 2                    | 652 ± 66                      | 280         | 977          | 0,92                     | –697                                  | 628                                          | 71   |
| Средняя величина в пределах группы      | 69                        | 707                           | 320         | 1117         | 1,00                     |                                       |                                              |      |
| <i>Среднеранние</i>                     |                           |                               |             |              |                          |                                       |                                              |      |
| Уран, Омская область                    | 71 ± 4                    | 811 ± 73                      | 360         | 1130         | 1,05                     | –770                                  | 745                                          | 68   |
| Байкал, Иркутская область               | 71 ± 2                    | 654 ± 64                      | 264         | 992          | 0,84                     | –728                                  | 628                                          | 73   |
| Анчар, Иркутская область                | 71 ± 4                    | 715 ± 66                      | 400         | 1084         | 0,92                     | –784                                  | 742                                          | 63   |
| Новосибирский 5, Новосибирская область  | 72 ± 2                    | 815 ± 83                      | 390         | 1180         | 1,05                     | –790                                  | 787                                          | 67   |
| Новосибирский 88, Новосибирская область | 72 ± 2                    | 758 ± 61                      | 425         | 1106         | 0,98                     | –681                                  | 765                                          | 62   |
| Тарский 2, Омская область               | 72 ± 2                    | 777 ± 87                      | 365         | 1258         | 1,00                     | –893                                  | 811                                          | 71   |
| Тулунский 19, Иркутская область         | 72 ± 4                    | 753 ± 83                      | 345         | 1210         | 0,97                     | –865                                  | 777                                          | 71   |
| Метис, Томская область                  | 72 ± 4                    | 843 ± 91                      | 375         | 1356         | 1,09                     | –981                                  | 865                                          | 72   |
| Памяти Богачкова, Омская область        | 73 ± 2                    | 814 ± 76                      | 350         | 1120         | 1,05                     | –770                                  | 735                                          | 69   |
| Овен, Иркутская область                 | 73 ± 2                    | 826 ± 85                      | 440         | 1254         | 1,07                     | –814                                  | 847                                          | 65   |
| Мустанг, Омская область                 | 73 ± 2                    | 814 ± 92                      | 320         | 1314         | 1,05                     | –996                                  | 817                                          | 76   |
| Иртыш 13, Омская область                | 73 ± 4                    | 753 ± 86                      | 325         | 1195         | 0,97                     | –870                                  | 760                                          | 73   |
| Тогурчанин, Томская область             | 73 ± 4                    | 822 ± 74                      | 360         | 1147         | 1,06                     | –787                                  | 753                                          | 69   |
| Крупнозерный, Новосибирская область     | 73 ± 2                    | 694 ± 62                      | 380         | 984          | 0,89                     | –604                                  | 682                                          | 61   |
| Средняя величина в пределах группы      | 72                        | 775                           | 364         | 1188         | 1,00                     |                                       |                                              |      |
| <i>Среднепоздние</i>                    |                           |                               |             |              |                          |                                       |                                              |      |
| Ровесник, Новосибирская область         | 74 ± 4                    | 798 ± 83                      | 372         | 1207         | 1,00                     | –835                                  | 789                                          | 69   |
| Белозерный, Новосибирская область       | 74 ± 2                    | 748 ± 64                      | 410         | 1033         | 0,94                     | –623                                  | 721                                          | 61   |
| Тубинский, Красноярский край            | 74 ± 4                    | 742 ± 73                      | 325         | 1108         | 0,93                     | –783                                  | 716                                          | 71   |
| Сиг, Красноярский край                  | 74 ± 2                    | 822 ± 85                      | 382         | 1193         | 1,03                     | –811                                  | 787                                          | 68   |
| Отрада, Тюменская область               | 74 ± 4                    | 848 ± 85                      | 345         | 1270         | 1,06                     | –925                                  | 807                                          | 73   |
| Алтайский крупнозерный, Алтайский край  | 74 ± 4                    | 752 ± 76                      | 375         | 1160         | 0,94                     | –785                                  | 767                                          | 68   |
| Креол, Кемеровская область              | 74 ± 2                    | 844 ± 76                      | 400         | 1202         | 1,05                     | –802                                  | 801                                          | 67   |
| Талисман, Тюменская область             | 74 ± 4                    | 854 ± 97                      | 380         | 1354         | 1,07                     | –974                                  | 717                                          | 78   |
| Догой, Республика Бурятия               | 74 ± 4                    | 813 ± 99                      | 400         | 1387         | 1,02                     | –987                                  | 893                                          | 71   |
| Иртыш 21, Омская область                | 74 ± 2                    | 842 ± 99                      | 390         | 1240         | 1,05                     | –850                                  | 815                                          | 68   |
| Кемеровский 90, Кемеровская область     | 74 ± 4                    | 792 ± 83                      | 320         | 1158         | 0,99                     | –838                                  | 739                                          | 72   |
| Орион, Омская область                   | 75 ± 2                    | 820 ± 83                      | 362         | 1236         | 1,03                     | –874                                  | 799                                          | 71   |
| Егорыч, Иркутская область               | 75 ± 4                    | 795 ± 95                      | 415         | 1310         | 1,00                     | –895                                  | 862                                          | 68   |

## Окончание таблицы

| 1                                  | 2      | 3        | 4   | 5    | 6    | 7    | 8   | 9  |
|------------------------------------|--------|----------|-----|------|------|------|-----|----|
| Нарымский 943, Томская область     | 75 ± 2 | 742 ± 30 | 350 | 1135 | 0,93 | –785 | 742 | 69 |
| Фобос, Омская область              | 75 ± 4 | 801 ± 73 | 390 | 1204 | 1,00 | –814 | 797 | 68 |
| Корифей, Алтайский край            | 75 ± 4 | 738 ± 73 | 375 | 1104 | 0,92 | –729 | 739 | 66 |
| СИР 4, Новосибирская область       | 76 ± 4 | 837 ± 82 | 420 | 1246 | 1,05 | –836 | 833 | 66 |
| Пегас, Алтайский край              | 76 ± 4 | 783 ± 83 | 400 | 1196 | 0,98 | –796 | 798 | 66 |
| Баргузин, Республика Бурятия       | 76 ± 4 | 793 ± 91 | 400 | 1202 | 0,99 | –802 | 801 | 67 |
| Средняя величина в пределах группы | 75     | 798      | 379 | 1208 | 1,00 |      |     |    |
| <i>Среднепоздние</i>               |        |          |     |      |      |      |     |    |
| Иртыш 22, Омская область           | 78 ± 4 | 803 ± 83 | 305 | 1154 | 1,00 | –849 | 729 | 73 |

Примечание.  $\bar{X}$  – среднее;  $S_x$  – ошибка (за 10 лет).

Отрада, Креол, Талисман, Иртыш 21, СИР 4, Орион. Высокая урожайность перечисленных сортов, в течение 10 лет превышающая среднюю величину в пределах группы спелости, свидетельствует об их наибольшей приспособленности к условиям произрастания, т. е. они превышают групповую норму (наиболее высокий коэффициент адаптивности по группам спелости). Значительные показатели потенциала продуктивности в благоприятные годы и адаптивности к неблагоприятным факторам внешней среды сочетали следующие сорта: Таежник, Краснообский, Мустанг, Метис, Овен, Отрада, Талисман, Догой, Егорыч, Иртыш 21, СИР 4, Орион.

Высокая потенциальная урожайность, безусловно, была и будет одной из первоочередных задач работы селекционера. В то же время создание сортов, обеспечивающих среднюю, но стабильную по годам урожайность при хорошем качестве сельхозпродукции, является очень важной задачей<sup>13</sup> [10].

В различных агроклиматических условиях важной характеристикой сортов является их устойчивость к стрессу, уровень которой определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью ( $Y_{\min} - Y_{\max}$ ) (см. сноску 9). Чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностью, тем выше стрессоустойчивость сорта. Относительную устойчивость к

стрессовым условиям среды (с минимальной разницей показателей урожайности в контрастных условиях) проявили такие сорта, как Сибиряк, Крупнозерный, Новосибирский 88, Белозерный, Корифей. Наименьшая устойчивость к стрессу отмечена у сортов Таежник, Мустанг, Тарский 2, Метис, Отрада, Талисман, Догой, Егорыч.

Для характеристики стрессоустойчивости также используется показатель компенсаторной способности (генетической гибкости) сорта. Компенсаторная способность, отражающая среднюю урожайность сорта в контрастных (благоприятных и неблагоприятных) условиях, вычисляется по следующей формуле:

$$(Y_{\min} + Y_{\max})/2.$$

Высокие значения показателя компенсаторной способности свидетельствуют о большой степени соответствия между генотипом сорта и факторами среды: чем выше этот показатель, тем устойчивее сорт к различным факторам среды. Высокая компенсаторная способность зафиксирована у сортов Тарский 2, Метис, Мустанг, Отрада, Догой, Егорыч, имеющих также высокий уровень устойчивости к стрессовым условиям, и Овен, Креол, Иртыш 21, СИР 4, Баргузин, характеризующихся невысоким уровнем устойчивости к стрессовым условиям.

<sup>13</sup>Дьяков А.Б., Трунова М.В. Взаимосвязь между параметрами стабильности и адаптивности сортов // Масличные культуры: научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010. Вып. 1. С. 80–86.



Кроме того, важное значение имеет стабильность продуктивности по годам на основе повышенной устойчивости сортов к комплексу лимитирующих факторов внешней среды. Одним из показателей стабильности сорта является величина размаха варьирования урожайности. Этот параметр рассчитывается по отношению разницы между максимальной и минимальной урожайностью к ее максимальной величине, выраженной в процентах (см. сноску 10). Генотипы могут иметь одинаковый разрыв между максимальной и минимальной урожайностью и в то же время различаться по величине этих значений. Отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью к ее максимальной величине ( $d$ , %) позволяет ранжировать сорта по степени стабильности. Чем меньше размах варьирования, тем стабильнее урожайность генотипа в конкретных условиях. В нашем случае размах варьирования урожайности составил свыше 50%, что обусловлено большой амплитудой колебания показателя по годам.

Самый маленький размах варьирования в контрастные по агроклиматическим условиям годы имели следующие сорта: среднеранние – Крупнозерный, Новосибирский 88, Анчар, Овен, Новосибирский 5, среднеспелые – Белозерный, Корифей, СИР 4, Пегас, Креол и Баргузин. Указанные сорта отличались наиболее стабильной урожайностью в контрастных условиях.

По результатам оценки адаптивных свойств изучаемые сорта можно разделить на две группы:

а) сочетающие высокую адаптивность и стабильность – Краснообский, Овен, Новосибирский 5, Уран, Тогурчанин, Памяти Богачкова, СИР 4, Сиг, Креол, Иртыш 21;

б) обладающие высокой стрессоустойчивостью, способные давать не максимальную, но высокую стабильную урожайность в любых условиях – Крупнозерный, Новосибирский 88, Белозерный, Корифей.

## ВЫВОДЫ

1. Высокие показатели потенциала продуктивности в благоприятные годы и адаптивности к неблагоприятным факторам

внешней среды сочетали следующие сорта: Краснообский, Мустанг, Метис, Овен, Отрада, Талисман, Иртыш 21, СИР 4, Орион.

2. Наиболее стабильную урожайность в контрастных условиях продемонстрировали: Крупнозерный, Новосибирский 88, Анчар, Овен, Новосибирский 5, Белозерный, Корифей, СИР 4, Пегас, Креол и Баргузин.

3. Высокую адаптивность и стабильность проявили: Краснообский, Овен, Новосибирский 5, Уран, Тогурчанин, Памяти Богачкова, СИР 4, Сиг, Креол, Иртыш 21.

4. Способностью давать не максимальную, но высокую стабильную урожайность в любых условиях отличались такие сорта, как Крупнозерный, Новосибирский 88, Белозерный, Корифей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Thies F., Masson L.F., Boffetta P., Kris-Etherton P.* Oats and CVD risk markers: a systematic literature review // *British Journal of Nutrition*. 2014. Vol. 112. Supl. 2. P. 19–30.
2. *Schuster J., Beninca G., Vitorazzi R., Morello Dal Bosco S.* Effects of oats on lipid profile, insulin resistance and weight loss // *Nutrición Hospitalaria*. 2015. Vol. 32. N 5. P. 2111–2116.
3. *Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Литшин А.Г.* Интегрированная оценка адаптивной способности образцов ячменя из коллекции ВИР в условиях Красноярской лесостепи // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30. № 6. С. 32–35.
4. *Анкудович Ю.Н.* Влияние климатических и агрохимических факторов на урожайность овса в условиях севера Томской области // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2015. № 5. С. 40–47.
5. *Сайнакова А.Б., Литвинчук О.В.* Оценка экологической пластичности и стабильности коллекционных образцов овса по массе 1000 зерен // *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2015. Т. 3. № 4 (64). С. 72–74.
6. *Кардашина В.Е., Николаева Л.С.* Влияние метеорологических условий на продуктивность и хозяйственно ценные признаки овса // *Пермский аграрный вестник*. 2017. № 3 (19). С. 70–75.
7. *Литшин А.Г., Герасимов С.А.* Источники генофонда овса коллекции ВИР для селекции в

- Восточной Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 16–21.
8. Сотник А.Я. Оценка сортов овса по урожайности и вегетационному периоду в условиях Приобской лесостепи // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. № 1 (48). С. 51–56.
9. Русакова И.И., Баталова Г.А., Ведерников Ю.Е., Тулякова М.В. Источники хозяйственно ценных признаков для селекции овса пленчатого // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 5 (54). С. 4–9.
10. Баталова Г.А. Селекция растений в условиях нестабильности агроклиматических ресурсов // Зернобобовые и крупяные культуры. 2012. № 3. С. 20–25.
1. Thies F., Masson L.F., Boffetta P., Kris-Etherton P. Oats and CVD risk markers: a systematic literature review. *British Journal of Nutrition*, 2014, vol. 112, suppl. 2, pp. 19–30. DOI: 10.1017/S0007114514002281.
2. Schuster J., Beninca G., Vitorazzi R., Morello Dal Bosco S. Effects of oats on lipid profile, insulin resistance and weight loss. *Nutrición Hospitalaria*, 2015, vol. 32, no. 5, pp. 2111–2116. DOI: 10.3305/nh.2015.32.5.9590.
3. Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Integrated assessment of adaptive ability of barley samples from VIR collection under conditions of Krasnoyarsk forest-steppe. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2016, vol. 30, no. 6, pp. 32–35. (In Russian).
4. Ankudovich Yu.N. Effect of climatic and agrochemical factors on oats productivity under conditions of the north of Tomsk region. *Sibirskii vestnik sel'skhozaiustvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2015, no. 5, pp. 40–47. (In Russian).
5. Sainakova A.B., Litvinchuk O.V. Assessment of ecological plasticity and stability of collection samples of oats by weight of 1000 grains. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Kemerovo State University*, 2015, vol. 3, no. 4 (64), pp. 72–74. (In Russian).
6. Kardashina V.E., Nikolaeva L.S. Impact of meteorological conditions on productivity and economically valuable features of oats. *Permskiy agrarniy vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2017, no. 3 (19), pp. 70–75. (In Russian).
7. Lipshin A.G., Gerasimov S.A. The sources of the gene pool of oats of VIR collection for selection in Eastern Siberia. *Vestnik Krasnoyarskogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Kras GAU*, 2017, no. 2, pp. 16–21. (In Russian).
8. Sotnik A.Ya. Assessment of oat varieties by yield and vegetation period in the conditions of the Priobskaya forest-steppe. *Sibirskii vestnik sel'skhozaiustvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, no. 1 (48), pp. 51–56. (In Russian).
9. Rusakova I.I., Batalova G.A., Vedernikov Yu.E., Tulyakova M.V. Sources of economically valuable traits for covered oat breeding. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2016, no. 5 (54), pp. 4–9. (In Russian).
10. Batalova G.A. Selection of plants under conditions of instability of agro-climatic resources. *Zernoboboviye i krupyaniye kul'turi = Legumes and Groat Crops*, 2012, no. 3, pp. 20–25. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ Сотник А.Я., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, ул. С-200, 5, а/я 375; e-mail: sotnik@bionet.nsc.ru

## AUTHOR INFORMATION

✉ Andrey Ya. Sotnik, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; address: PO Box 375, 5, S-200 St., Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russia; e-mail: sotnik@bionet.nsc.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 17.10.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.12.2022  
Дата публикации / Published 20.06.2023



## ВИДОВОЙ СОСТАВ ВРЕДИТЕЛЕЙ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ УРБАНИСТИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

(✉) Прах С.В., Васильченко А.В., Подгорная М.Е., Тыщенко Е.Л.

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия  
Краснодар, Россия

(✉) e-mail: sp41219778@yandex.ru

Представлены результаты исследований хвойных пород растений как материала для озеленения населенных мест, в ландшафтной архитектуре – в качестве акцента и доминанты в декоративных композициях или в моно посадках. Отмечено расширение ассортимента хвойных растений для ландшафтного строительства юга России в 2000-е гг. за счет интродукции культур из других регионов с разными природно-климатическими условиями. Вновь посаженные насаждения испытывают стресс, который оказывает негативное влияние на иммунный статус интродуцированных растений. Представлены результаты изучения видового состава сосущих вредителей хвойных растений в урбанистических ландшафтах. Мировой опыт в исследованиях городских ландшафтов показывает расширение видового состава вредителей из отряда Равнокрылых (Homoptera). Проведен фитосанитарный мониторинг декоративных хвойных растений в городских насаждениях и парковых зонах в Прикубанской зоне центральной подзоны садоводства Краснодарского края в 2012–2022 гг. По результатам проведенных исследований выявлено видовое разнообразие сосущих вредителей хвойных растений в крае, проведено их ранжирование по типу питания, формируется база данных. Установлено, что в регионе доминирующими представителями надсемейства Coccidae являются щитовка европейская можжевельниковая (*Carulaspis juniperi* Bouché) и тисовая ложнощитовка (*Parthenolecanium pomeranicum* Kawecki), щитовка сосновая веретеновидная (*Anamaspis lowi* Colvee). Закономерности пищевой специализации щитовок имеют не только теоретическое, но и практическое значение. На основе исследований можно прогнозировать вероятный состав вредителей на вновь вводимой культуре. Полученные закономерности являются одной из теоретических основ защитных мероприятий по борьбе с вредителями.

**Ключевые слова:** хвойные растения, фитофаги, мониторинг, прогноз, сосущие вредители, фауна

## SPECIES COMPOSITION OF CONIFEROUS PLANT PESTS IN THE URBAN LANDSCAPES OF THE KRASNODAR TERRITORY

(✉) Prakh S.V., Vasilchenko A.V., Podgornaya M.E., Tyschenko E.L.

North Caucasian Federal Scientific Centre of Horticulture, Viticulture, Winemaking  
Krasnodar, Russia

(✉) e-mail: sp41219778@yandex.ru

The results of the studies of conifers as a material for landscaping of settlements, and as an accent and dominant in decorative compositions or in mono-planting are presented. The expansion of coniferous plant assortment for landscape construction of southern Russia in the 2000s was noted due to the introduction of crops from other regions with different natural and climatic conditions. Newly planted crops are under stress, which has a negative effect on the immune status of the introduced plants. The results of the study of the species composition of sucking pests of coniferous plants in urban landscapes are presented. The world experience in the studies of urban landscapes shows the expansion of

the species composition of pests from the order of homopterous insects (Homoptera). Phytosanitary monitoring of ornamental conifers in urban plantations and park areas in the Kuban zone of the central horticultural subzone of the Krasnodar Territory in 2012-2022 was conducted. As a result of these studies, the species diversity of sucking pests of coniferous plants in the region has been identified, their ranking by the type of feeding has been carried out, and a database is being compiled. It has been found that the dominant representatives of the superfamily Coccidae in the region are: European juniper scale insect (*Carulaspis juniperi* Bouché) and yew pseudo scale insect (*Parthenolecanium pomeranicum* Kaweck), and pine spindle scale insect (*Anamaspis lowi* Colvee). The regularities of food specialization of scales are of not only theoretical but also practical importance. Based on the research, the probable composition of pests on a newly introduced crop can be predicted. The resulting patterns are one of the theoretical foundations of pest control measures.

**Keywords:** coniferous plants, phytophages, monitoring, forecast, sucking pests, fauna

**Для цитирования:** Прах С.В., Васильченко А.В., Подгорная М.Е., Тыщенко Е.Л. Видовой состав вредителей хвойных растений урбанистических ландшафтов Краснодарского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 47–53. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-6>

**For citation:** Prakh S.V., Vasilchenko A.V., Podgornaya M.E., Tyschenko E.L. Species composition of coniferous plant pests in urban landscapes of the Krasnodar Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 47–53. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-6>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Хвойные растения – ценный материал для озеленения населенных мест. Ландшафтные архитекторы часто используют хвойные породы в качестве эффектного акцента в декоративных композициях или в моно посадках. Ценные качества хвойных культиваров – многообразие габитуса кроны, окраски хвои и ее изменения в течение года, возможность использования для топиария, устройства бордюров и т.п. – позволяют занимать большие площади озеленения. Следует отметить хозяйственно ценный признак этих растений – фитонцидные свойства, который особенно ценится при озеленении рекреационных зон [1, 2].

За 2000-е гг. сортимент хвойных растений, используемый в ландшафтном строительстве на юге России, значительно изменился и пополнился новыми видами, формами, сортами. Расширение сортимента хвойных растений в зеленом строительстве происходит на 95% за счет интродукции видов, форм из других регионов с разными природно-климатическими условиями. Основной поток посадочного материала хвойных растений поступает из таких стран, как Нидерланды,

Польша, Германия, Италия, сельскохозяйственные регионы которых отличаются более умеренным температурно-влажностным режимом при выращивании саженцев декоративных растений. Территория Краснодарского края характеризуется большим разнообразием природно-климатических условий. Основным стресс-фактором в регионе абиотического происхождения в летний период выступает дефицит воздушной и почвенной влаги на фоне высоких температур, в зимний период – периодически резкое наступление отрицательных температур до минус 15–17 °С и ниже. Усиление негативного влияния отрицательных температур на сельскохозяйственные культуры особенно актуально после периодов относительно умеренных положительных температур [3–5].

Таким образом, в Краснодарском крае на объектах озеленения посадочный материал импортного происхождения при посадке испытывает стресс, который оказывает негативное влияние на иммунный статус интродуцированного растения. Такие культивары часто поражаются грибными заболеваниями и повреждаются многочисленными фитофагами аборигенного происхождения.



Среди вредителей хвойных пород сосущие виды – наиболее обширные и пластичные представители. Повреждения растений этой группой фитофагов значительно снижают декоративный эффект создаваемых ландшафтных композиций, ухудшают экологическую ситуацию агроландшафтов и увеличивают затраты на содержание зеленых насаждений. Цель исследований – установить основной состав сосущих вредителей хвойных растений в урбанистических ландшафтах Краснодарского края.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведен фитосанитарный мониторинг декоративных хвойных растений в городских насаждениях и парковых зонах в Прикубанской зоне центральной подзоны садоводства Краснодарского края с 2012 по 2022 г. Объектами исследований являлись представители семейства Сосновые (Pinaceae), которые включали два вида из рода *Pinus* и один – из рода *Abies*, семейства Тисовые (Taxaceae) – один вид из рода *Taxus*, семейства Кипарисовые (Cupressaceae) – один вид из рода *Thuja* и три – из рода *Juniperus*. Видовую принадлежность выявленных кокцид (вместе с частью кормового растения) определяли в лаборатории под биноклем по методике Н.С. Борхсениуса<sup>1</sup>. Определение видовой принадлежности фитофагов проводили при помощи определителя повреждений лесных, декоративных, плодовых деревьев и кустарников [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Декоративные насаждения богаты и разнообразны по породному составу. В настоящее время культивируется свыше 3600 таксонов декоративных древесных растений. Данное разнообразие растений и благоприятные климатические условия обуславливают развитие более 500 видов вредной энтомофауны из отрядов Lepidoptera, Homoptera, Diptera и Hymenoptera, поэтому актуально выявление видового состава вредных объектов город-

ских экосистем и совершенствование методов их контроля [6–9].

По результатам обследования состояния хвойных растений урбанистических ландшафтов Краснодарского края, проводимого нами более 10 лет, установлено, что фитосанитарная ситуация в хвойных насаждениях ухудшилась из-за нарастания численности и вредоносности сосущих вредителей [2]. Мировой опыт исследований городских ландшафтов показывает расширение видового состава вредителей из отряда Равнокрылых (Homoptera) [10, 11]. В парках, садах и других зеленых зонах городской среды Белграда наблюдают потерю декоративного вида и усыхание можжевельников (*Juniperus* spp.) в связи с увеличением популяции щитовки европейской можжевельниковой (*Carulaspis juniperi* Bouche). Стало экономически невыгодно использовать *Juniperus* spp. в ландшафтном проектировании. В Республике Беларусь повсеместно распространено повреждение городских хвойных насаждений елово-лиственничным хермесом (*Sacchiphantes viridis*), елово-пихтовым хермесом (*Aphrastasia pectinatae*), тисовой ложнощитовкой *Parthenolecanium pomoranicum*, туевой тлей (*Cinara cupressi*).

В Турции, Испании Coccidae представляют группу вредителей, поражающих декоративные растения, наиболее опасный вид – *Palaeococcus fuscipennis* Burmeister. В Крыму на территории Никитского ботанического сада выявлено 19 видов фитофагов, наиболее многочисленными являются семейства Diaspididae и Coccidae [12–16].

Фитосанитарный мониторинг хвойных растений в городских ландшафтах Краснодарского края и результаты энтомологической оценки собранного материала выявили следующий таксономический состав отряда Равнокрылые (Homoptera):

- Надотряд Хоботные (Rhynchota)
- Отряд Равнокрылые (Homoptera)
- Подотряд Тли (Aphididea)
- Надсемейство Тли (Aphidoidea)
- Семейство Тли (Aphididae): тля туевая

<sup>1</sup>Борхсениус Н.С. Практический определитель кокцид (Coccoidea) культурных растений и лесных пород СССР. Ленинград: Наука, 1973. 311 с.

(*Cinara cupressi* Buckton), тля еловая опыленная (*Cinara costata* Zett.), тля можжевельниковая (*Cinara juniperi* De Geer).

Надсемейство Хермесовые (Adelgoidea)

Семейство Хермесы (Adelgidae): хермес сосновый (обыкновенный) (*Pineus pini* L. (Macq.)), хермес бурый елово-пихтовый (*Adelges (Aphrastasia) pectinatae* Chol.).

Подотряд Кокциды (Coccinea)

Надсемейство (Orthezioidea)

Семейство Гигантские червецы (Margarodidae): сосновый бурый червец (*Palaeococcus fuscipennis* Burm.).

Надсемейство (Coccidae)

Семейство Ложнощитовки (Coccidae): акациевая ложнощитовка (*Parthenolecanium*

*corni* Bouché), тисовая ложнощитовка (*Parthenolecanium pomranicum* Kawecki).

Семейство Щитовки (Diaspididae): щитовка европейская можжевельниковая (*Carulaspis juniperi* Bouche), щитовка сосновая веретеновидная (*Anaspis lowi* Collee).

Доминирующими представителями надсемейства Coccidae, наносящими наибольший вред растениям, являются щитовка европейская можжевельниковая (*Carulaspis juniperi* Bouche), тисовая ложнощитовка (*Parthenolecanium pomranicum* Kawecki), щитовка сосновая веретеновидная (*Anaspis lowi* Collee) (см. табл. 1).

Расширение пищевой специализации увеличивает распространение и вредоносность

**Табл. 1.** Видовое разнообразие сосущих вредителей на хвойных растениях в урбанистических ландшафтах Краснодарского края

**Table 1.** Species diversity of sucking pests on coniferous plants in the urban landscapes of the Krasnodar Territory

| Культура                                                              | Семейство                         | Вид                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сосна обыкновенная ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)                      | Хермесы (Adelgidae)               | Хермес сосновый (обыкновенный) ( <i>Pineus pini</i> L. (Macq.)), хермес бурый елово-пихтовый ( <i>Adelges (Aphrastasia) pectinatae</i> Chol.) |
|                                                                       | Гигантские червецы (Margarodidae) | Сосновый бурый червец ( <i>Palaeococcus fuscipennis</i> Burm.)                                                                                |
|                                                                       | Щитовки (Diaspididae)             | Щитовка сосновая веретеновидная ( <i>Anaspis lowi</i> Collee)                                                                                 |
| Сосна крымская ( <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> (Lamb.)) | Гигантские червецы (Margarodidae) | Сосновый бурый червец ( <i>Palaeococcus fuscipennis</i> Burm.)                                                                                |
|                                                                       | Щитовки (Diaspididae)             | Щитовка сосновая веретеновидная ( <i>Anaspis lowi</i> Collee)                                                                                 |
| Тис ( <i>Taxus</i> L.)                                                | Ложнощитовки (Coccidae)           | Тисовая ложнощитовка ( <i>Parthenolecanium pomranicum</i> Kawecki), Акациевая ложнощитовка ( <i>Parthenolecanium corni</i> Bouché)            |
| Пихта ( <i>Abies</i> spp.)                                            | Хермесы (Adelgidae)               | Хермес бурый елово-пихтовый ( <i>Adelges (Aphrastasia) pectinatae</i> Chol.)                                                                  |
| Туя ( <i>Thuja</i> L.)                                                | Тли (Aphididae)                   | Тля туевая ( <i>Cinara cupressi</i> Buckton), Щитовка европейская можжевельниковая ( <i>Carulaspis juniperi</i> Bouche)                       |
| Можжевельник обыкновенный ( <i>Juniperus communis</i> Suessica)       | Щитовки (Diaspididae)             | Щитовка европейская можжевельниковая ( <i>Carulaspis juniperi</i> Bouche)                                                                     |
|                                                                       | Тли (Aphididae)                   | Тля можжевельниковая ( <i>Cinara juniperi</i> De Geer)                                                                                        |
| Можжевельник китайский ( <i>Juniperus chinensis</i> Stricta)          | Тли (Aphididae)                   | Тля можжевельниковая ( <i>Cinara juniperi</i> De Geer)                                                                                        |
| Можжевельник чешуйчатый ( <i>Juniperus squamata</i> Holger)           | Щитовки (Diaspididae)             | Щитовка европейская можжевельниковая ( <i>Carulaspis juniperi</i> Bouche)                                                                     |

**Табл. 2.** Пищевая специализация сосущих вредителей хвойных растений

**Table 2.** Food specialization of sucking pests of coniferous plants

| Пищевая специализация | Вредный объект                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Монофаги              | Обыкновенная сосновая щитовка ( <i>Leucaspis pusilla</i> Low), тля еловая опыленная ( <i>Cinara costata</i> Zett.), хермес сосновый (обыкновенный) ( <i>Pineus pini</i> L. (Macq.)), хермес сибирский бурый ( <i>Aphrastasia pectinatae</i> Chol.), хермес сибирский бурый ( <i>Aphrastasia pectinatae</i> Chol.), тисовая ложнощитовка ( <i>Parthenolecanium poteranicum</i> Kawecki) |
| Олигофаги             | Тля туевая ( <i>Cinara cupressi</i> Buckton), тля можжевельниковая ( <i>Cinara juniperi</i> De Geer), сосновая веретенковидная щитовка ( <i>Anaspis lowi</i> Colvee)                                                                                                                                                                                                                   |
| Полифаги              | Сосновый бурый червец ( <i>Palaeococcus fuscipennis</i> Burm.), европейская можжевельниковая щитовка ( <i>Carulaspis juniperi</i> Bouche), акациевая ложнощитовка ( <i>Parthenolecanium corni</i> Bouche)                                                                                                                                                                              |

многих видов фитофагов, которые наносят значительный ущерб урбанистическим ландшафтам. Возможность заменить одну разновидность корма другим позволяет им иметь растянутый во времени жизненный цикл, слабо зависящий от доступности пищи. Данные факторы позволяют развиваться одной и более генераций в год и поддерживать высокую численность популяции. В результате исследований вредные объекты разделены по пищевой специализации. Мониторинг показывает, что наиболее адаптированными видами вредителей в последнее время являются сосновый бурый червец (*Palaeococcus fuscipennis* Burm.), европейская можжевельниковая щитовка (*Carulaspis juniperi* Bouche), акациевая ложнощитовка (*Parthenolecanium corni* Bouche). По результатам изучения фитофаги распределены по типу питания (см. табл. 2).

Закономерности пищевой специализации фитофагов имеют не только теоретическое, но и практическое значение. На основе полученных данных можно прогнозировать вероятный состав вредителей на вновь вводимой культуре. Вместе с тем полученные закономерности являются одной из теоретических основ защитных мероприятий по борьбе с вредителями.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На юге России посадочный материал хвойных растений импортного происхождения испытывает стресс, который оказывает негативное влияние на иммунный статус ин-

тродуцированного растения. По данным исследований, такие культивары поражаются грибными заболеваниями и повреждаются фитофагами аборигенного происхождения, а также завезенными новыми их видами. Установлено, что наиболее адаптированными видами фитофагов на хвойных растениях Краснодарского края являются сосновый бурый червец (*Palaeococcus fuscipennis* Burm.), европейская можжевельниковая щитовка (*Carulaspis juniperi* Bouche), акациевая ложнощитовка (*Parthenolecanium corni* Bouche). Определена пищевая специализация сосущих вредителей хвойных растений, по характеру трофических связей выявлено шесть монофагов, три олигофага, три полифага.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прах С.В., Подгорная М.Е., Тыщенко Е.Л. Инвазивные виды кокцид (HOMOPTERA, COCCOIDEA) юга России, их вредоносность и распространение // Плодоводство и виноградарство юга России. 2021. № 71 (5). С. 234–246.
2. Ülgentürk S., Evren N., Ayhan B., Dostabil Ö., Dursun O. ve Civelek H. Türkiye'nin çam ağaçlarında pul böcek (Hemiptera: Coccoidea) türleri // Turkish Journal of Zoology. 2012. N 36 (5). P. 623–636.
3. Pachauri R.K., Mejer L.A. Climate Change, 2014: Summary report. ZHeneva: MGEIK, 2014. 163 p.
4. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A. Increasing the technological and economic efficiency of nursery production based on processes biologization // International Scientific

- Online-Conference “Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and and Viticulture”. 2020. P. 01001.
5. Габрид Н.В. Насекомые, повреждающие хвойные породы, их экологические особенности в зеленых насаждениях города Бишкек // Исследование живой природы Кыргызстана. 2019. № 2. С. 59–70.
  6. Попов Г.В. Основные вредители декоративных насаждений Донецкой области (2000–2009 гг.) и борьба с ними // Промышленная ботаника. 2009. № 9. С. 213–219.
  7. Gertsson C. The Hungarian Spruce Scale, *Physokermes inopinatus* Danzig & Kozar (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) in Sweden // Acta Zoologica Bulgarica suppl. 2014. № 6. P. 83–86.
  8. Gertsson C., Winde I. A significant record of the Hungarian Spruce Scale *Physokermes inopinatus* Danzig & Kozar in Scania, southern Sweden (Hem. Coccoidea) // ResearchGate. 2014. P. 32–34.
  9. Papanastasiou I., Kavallieratos N.G., Saitanis C.J., Chatzaki M., Papadoulis G., Emmanouel N.G. Parasitoids and Predators of *Physokermes hellenicus* (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) in Greece // Journal of Economic Entomology. 2018. N 111 (3). P. 1121–1130.
  10. Мустафаева Г.А. Видовой состав щитовок (Hemiptera: Diaspididae) Азербайджана, их вредоносность и распространенность // Бюллетень науки и практики. 2017. № 3. С. 86–98.
  11. Baders E., Jansons A., Matisons R., Elferts D., Desaine I. Landscape Diversity for Reduced Risk of Insect Damage: A Case Study of Spruce Bud Scale in Latvia // Forests. 2018. № 9 (9). P. 545.
  12. Suh S., Evans G. A new record of the armored scale genus *Carulaspis* MacGillivray (Hemiptera: Diaspididae) from Korea and its aphelinid parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae) // Insecta Mundi. 2016. N 0466. P. 1–6.
  13. Косовская М.А., Хренова Т.К., Лямина Н.В. Оценка функционального состояния дендроформ г. Севастополя в условиях интенсивной антропогенной нагрузки // Энергетические установки и технологии. 2021. Т. 7. № 1. С. 97–104.
  14. Куниченко О.В., Антюхова Н.И., Шульман В.В., Власов В.В., Соколова Л.Н., Кудина Т.Н. Мониторинг фитосанитарного состояния декоративных урболандшафтов ПМР // Вестник приднестровского университета. Серия: медико-биологические и химические науки. 2015. № 2 (50). С. 78–86.
  15. Miežite O., Okmanis M., Indriksons A., Ruba J., Polmanis K., Freimane L. Assessment of sanitary conditions in stands of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) damaged by spruce bud scale (*Physokermes piceae* Schrnk.) // Biogeosciences and Forestry. 2013. N 6 (2). P. 73–78.
  16. Trikoz N.N. Actual phytosanitary state of park cenoses of the Southern Coast of the Crimea // Plant Biology and Horticulture theory innovation. 2021. N 1 (157). P. 56–66.
- ## REFERENCES
1. Prakh S.V., Podgornaya M.E., Tyshchenko E.L. Invasive species of coccids (*HOMOPTERE, COCCOIDEAE*) of the South of Russia, their harmfulness and distribution. *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii = Fruit growing and viticulture of South Russia*, 2021, no. 71 (5), pp. 234–246. (In Russian).
  2. Ülğentürk S., Evren N., Ayhan B., Dostabil Ö., Dursun O. ve Civelek H. Türkiye’nin çam ağaçlarında pul böcek (Hemiptera: Coccoidea) türleri. *Turkish Journal of Zoology*, 2012, no. 36 (5), pp. 623–636.
  3. Pachauri R.K., Mejer L.A. *Climate Change, 2014: Summary report*. Zheneva, MGEIK, 2014. 163 p.
  4. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A. Increasing the technological and economic efficiency of nursery production based on processes biologization/ *International Scientific Online-Conference “Bioengineering in the Organization of Processes Concerning Breeding and and Viticulture”*. 2020, pp. 01001.
  5. Габрид Н.В. Insects harmful coniferous breeds, their ecological features in the green plants of the city of Bishkek. *Issledovanie zhivoi prirody Kyrgyzstana = Kyrgyzstan live nature research*, 2019, no. 2, pp. 59–70. (In Russian).
  6. Popov G.V. The principal pests of decorative plantations in Donetsk region (2000–2009) and their control. *Promyshlennaya botanika = Industrial Botany*, 2009, no. 9, pp. 213–219. (In Russian).
  7. Gertsson C. The Hungarian Spruce Scale, *Physokermes inopinatus* Danzig & Kozar (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) in Sweden // Acta Zoologica Bulgarica suppl. 2014, no. 6, pp. 83–86.



8. Gertsson C., Winde I. A significant record of the Hungarian Spruce Scale *Physokermes inopinitus* Danzig & Kozar in Scania, southern Sweden (Hem. Coccoidea). *ResearchGate*, 2014, pp. 32–34.
9. Papanastasiou I., Kavallieratos N.G., Saitanis C.J., Chatzaki M., Papadoulis G., Emmanouel N.G. Parasitoids and Predators of *Physokermes hellicus* (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae) in Greece. *Journal of Economic Entomology*, 2018, no. 111 (3), pp. 1121–1130.
10. Mustafaeva G.A. Species composition scale insects (Hemiptera: Diaspididae) of Azerbaijan, their injuriousness and distribution. *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*, 2017, no. 3, pp. 86–98. (In Russian).
11. Baders E., Jansons A., Matisons R., Elferts D., Desaine I. Landscape Diversity for Reduced Risk of Insect Damage: A Case Study of Spruce Bud Scale in Latvia. *Forests*, 2018, no. 9(9), pp. 545.
12. Suh S., Evans G. A new record of the armored scale genus *Carulaspis* MacGillivray (Hemiptera: Diaspididae) from Korea and its aphelinid parasitoids (Hymenoptera: Aphelinidae). *Insecta Mundi*, 2016, no. 0466, pp. 1–6.
13. Kosovskaya M.A., Khrenova T.K., Lyamina N.V. Assessment of the functional state of dendroforms in Sevastopol under conditions of intense anthropogenic load. *Energeticheskie ustanovki i tekhnologii = Power plants and technologies*, 2021, vol. 7, no. 1, pp. 97–104. (In Russian).
14. Kunichenko O.V., Antyukhova N.I., Shul'man V.V., Vlasov V.V., Sokolova L.N., Kudina T.N. Monitoring the phytosanitary condition of ornamental urban landscapes in the PMR. *Vestnik pridnestrovskogo universiteta. Seriya: mediko-biologicheskie i khimicheskie nauki = Vestnik of the Transnistrian university. Series: Medical-Biological and Chemical Sciences*, 2015, no. 2 (50), pp. 78–86. (In Russian).
15. Miežite O., Okmanis M., Indriksons A., Ruba J., Polmanis K., Freimane L. Assessment of sanitary conditions in stands of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) damaged by spruce bud scale (*Physokermes piceae* Schrnk.). *Biogeosciences and Forestry*, 2013, no. 6 (2), pp. 73–78.
16. Trikoz N.N. Actual phytosanitary state of park cenoses of the Southern Coast of the Crimea. *Plant Biology and Horticulture theory innovation*, 2021, no. 1 (157), pp. 56–66.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Прах С.В.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 350901, Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39; e-mail: sp41219778@yandex.ru

**Васильченко А.В.**, младший научный сотрудник; e-mail: anfisaVV@yandex.ru

**Подгорная М.Е.**, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией; e-mail: plantprotection@yandex.ru

**Тыщенко Е.Л.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; e-mail: garden\_centra@mail.ru

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Svetlana V. Prakh**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher; **address:** 39, 40-letiya Pobedy St., Krasnodar, 350901, Russia; e-mail: sp41219778@yandex.ru

**Anfisa V. Vasilchenko**, Junior Researcher; e-mail: anfisaVV@yandex.ru

**Marina E. Podgornaya**, Candidate of Science in Biology, Laboratory Head; e-mail: plantprotection@yandex.ru

**Evgenia L. Tyshchenko**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; e-mail: garden\_centra@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 05.09.2022

Дата принятия к публикации / Accepted for publication 20.12.2022

Дата публикации / Published 20.06.2023



<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-7>

УДК: 636.085:577.17

Тип статьи: оригинальная

Type of article: original

## ВОЗДЕЙСТВИЕ КАВИТИРОВАННОЙ ПОДСОЛНЕЧНОЙ ЛУЗГИ И МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ МИКРОБИОМА РУБЦА ЖВАЧНЫХ *IN VITRO*

Мирошников С.А., Дускаев Г.К., (✉)Атландерова К.Н., Матющенко Н.С.

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук  
Оренбург, Россия

(✉)e-mail: atlander-kn@mail.ru

Проведена оценка воздействия кавитированной подсолнечной лузги и молочной кислоты на изменение таксономического профиля микробиома рубца жвачных *in vitro*. Определено изменение бактериального состава рубцовой жидкости путем применения метода секвенирования на приборе MiSeq во временной экспозиции 6–24 ч. Объекты исследований – подсолнечная лузга измельченная (0,01 см) – контроль; кавитированная: лузга и вода в соотношении 1 : 3, обработанные ультразвуком; лузга и молочная кислота в соотношении 1 : 3 – лузга кавитированная + молочная кислота. Полученные образцы после высушивания при 105 °С использовали в исследованиях *in vitro* с рубцовой жидкостью на инкубаторе (аналог искусственного рубца). Отбор рубцовой жидкости у крупного рогатого скота осуществляли через хроническую фистулу. Возраст животных – 12 мес, порода – казахская белоголовая. Введение кавитированной лузги подсолнечника как отдельно, так и совместно с молочной кислотой, после 6 ч увеличивало количество бактерий, относящихся к классам *Flavobacteriia*, на 5,43 и 3,93%, *Elusimicrobia* – 3,77 и 3,98%, *Gammaproteobacteria* – 11,75 и 10,07%, и снижало численность бактерий класса *Bacteroidia* на 5,72 и 2,63%, *Clostridia* на 3,26 и 2,20% относительно контроля. Во временной экспозиции 12–24 ч, напротив, происходило увеличение бактерий класса *Bacteroidia* на 3,30–4,90 и на 8,29–11,28%, *Clostridia* – на 1,66–1,50 и на 2,74–3,27% по отношению к контролю.

**Ключевые слова:** кавитированная лузга подсолнечника, таксономический профиль, микробиом, молочная кислота

## THE EFFECT OF CAVITATED SUNFLOWER HUSK AND LACTIC ACID ON THE CHANGES IN THE TAXONOMIC PROFILE OF THE RUMEN MICROBIOME OF RUMINANTS *IN VITRO*

Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., (✉)Atlanderova K.N., Matyushchenko N.S.

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Orenburg, Russia

(✉)e-mail: atlander-kn@mail.ru

The effect of cavitated sunflower husk and lactic acid on the changes in the taxonomic profile of the rumen microbiome of ruminants *in vitro* was evaluated. Changes in the bacterial composition of the cicatricial fluid were determined by using the MiSeq sequencing method in a time exposure of 6–24 h. The objects of research were sunflower husk milled (0.01 cm) - control; cavitated: husk and water in a ratio of 1 : 3, treated with ultrasound; husk and lactic acid in a ratio of 1 : 3 - cavitated husk + lactic acid. The obtained samples after drying at 105 °C were used in *in vitro* studies with rumen fluid on an incubator (analog of artificial rumen). Selection of the rumen fluid in cattle was carried out through a chronic fistula. The age of animals - 12 months, the breed - Kazakh white-headed. Administration of cavitated sunflower husks alone or together with lactic acid after 6 h increased the number of bacteria belonging to the *Flavobacteriia* class by 5.43 and 3.93%, *Elusimicrobia* by 3.77 and 3.98%, *Gam-*

*maproteobacteria* by 11.75 and 10.07% and decreased the number of *Bacteroidia* by 5.72 and 2.63%, *Clostridia* by 3.26 and 2.20% relative to the control. In contrast, in the 12-24 h exposure time, there was an increase in *Bacteroidia* class bacteria by 3.30-4.90 and 8.29-11.28%, *Clostridia* by 1.66-1.50 and 2.74-3.27% relative to the control.

**Keywords:** cavitated sunflower husk, taxonomic profile, microbiome, lactic acid

**Для цитирования:** Мирошников С.А., Дускаев Г.К., Атландерова К.Н., Матющенко Н.С. Воздействие кавитированной подсолнечной лузги и молочной кислоты на изменение таксономического профиля микробиома рубца жвачных *in vitro* // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 54–61. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-7>

**For citation:** Miroshnikov S.A., Duskaev G.K., Atlanderova K.N., Matyushchenko N.S. The effect of cavitated sunflower husk and lactic acid on the changes in the taxonomic profile of the rumen microbiome of ruminants *in vitro*. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 54–61. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-7>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 20-16-00088).

#### Acknowledgements

The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project 20-16-00088).

## ВВЕДЕНИЕ

Использование отходов пищевых производств в кормах для животных достаточно давно известно [1]. Высокий спрос на подсолнечное масло и другие смежные отрасли маслоэкстракционного производства привел к появлению большого количества отходов лузги подсолнечника [2]. Чаще всего ее используют в качестве источника белка, клетчатки и жирных кислот в кормлении животных, достигая модели экономики замкнутого цикла [3–5].

Чтобы раскрыть потенциал распада твердой фракции отходов для производства кормов с сохранением питательных веществ, обычно используют жидкие среды, активируемые различными способами в комплексе с ультразвуковым воздействием [6]. Ультразвуковая технология считается экологически чистой, полезной для сокращения химической нагрузки и времени реакции с эффективной конверсией. Данную технологию применяют в различных пищевых материалах для обработки, сохранения и повышения качества продукции [7]. При кавитации возрастает массовая доля сырого протеина и уменьшается массовая доля сырой клетчатки [8]. Такое соотношение протеина и клетчатки благоприятно сказывается на энергетическом

потенциале отхода, если рассматривать его в качестве кормовой добавки [9]. В то же время протеины лузги подсолнечника в значительной степени подвергаются распаду в рубце, что может вызвать нарушение азотного обмена [10]. Учеными выяснено, что использование кислот сокращает распад белка лузги в рубце и увеличивает его усвояемость в кишечнике [11].

Кислоты способствуют лучшему потреблению кормовых добавок жвачными животными за счет их вкусоароматических свойств [12]. Наряду с этим воздействие ультразвука и кислот изменяют структуру твердой фракции лузги, способствуя увеличению сцепления с поверхностью корма бактерий, т.е. адгезии [13, 14].

Цель исследования – изучить эффективность использования отходов лузги подсолнечника как альтернативного корма для животных, а также кормовой добавки, способствующей смещению бактериального зомоза в рубце жвачных животных в сторону более эффективных микробных путей.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

#### Объекты исследований:

- контрольная группа: подсолнечная лузга измельченная (0,01 см);
- 1-я опытная: лузга кавитированная, обработанная ультразвуком, и вода – 1 : 3 (лузга : вода);
- 2-я опытная: лузга кавитированная + молочная кислота – 1 : 3.

По химическому составу подсолнечная лузга до и после ультразвуковой обработки, а также в сочетании с молочной кислотой имела следующий состав (см. таблицу).

Полученные образцы после высушивания (105 °C) использовали в исследованиях *in vitro* с рубцовой жидкостью на инкубаторе Daisy D200I (аналог искусственного рубца) (Ankom Technology, США).

Отбор рубцовой жидкости у крупного рогатого скота осуществляли через хроническую фистулу. Возраст животных – 12 мес, порода – казахская белоголовая. При проведении исследований приняты меры для сведения к минимуму страданий животных и уменьшения количества используемых проб.

Таксономический состав содержимого рубца определяли методом NGS секвенирования на приборе MiSeq (Illumina, США). Геномная ДНК выделена с использованием метода химической экстракции. Концентрацию ДНК определяли с использованием флуорометра Qubit 2.0 с анализом высокой чувствительности dsDNA (Life Technologies). Библиотеки ДНК 16S подготовлены в соответствии с рабочим процессом Illumina с праймерами,

нацеленными на V3- и V4-области гена рРНК SSU, такого как прямой SD-Bact-0341-bS-17 и обратный SD-Bact-0785-aA-21.

Результаты, полученные в исследованиях, обработаны с помощью офисного программного комплекса Microsoft Office с применением программы Excel с обработкой данных в Statistica 10.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При инкубировании кавитированной лузги подсолнечника и кавитированной лузги совместно с молочной кислотой на модели «искусственный рубец» после 6 ч отмечено повышение представителей класса *Flavobacteriia* на 5,43 и 3,93%, *Elusimicrobia* – 3,77 и 3,98%, *Gammaaproteobacteria* – 11,75 и 10,07% и снижение численности бактерий класса *Bacteroidia* – на 5,72 и 2,63%, *Clostridia* – на 3,26 и 2,20% относительно контроля соответственно (см. рис. 1). Во временной экспозиции 12–24 ч, напротив, происходило увеличение бактерий класса *Bacteroidia* на 3,30–4,90 и на 8,29–11,28%, *Clostridia* на 1,66–1,50 и на 2,74–3,27% по отношению к контролю соответственно.

На уровне класса в группах преобладали бактерии, принадлежащие к филуму *Bacteroidetes*.

Таксономическое разнообразие микробиома рубца на уровне порядка определяет тенденцию во временном аспекте 6, 12 и 24 ч (см. рис. 2).

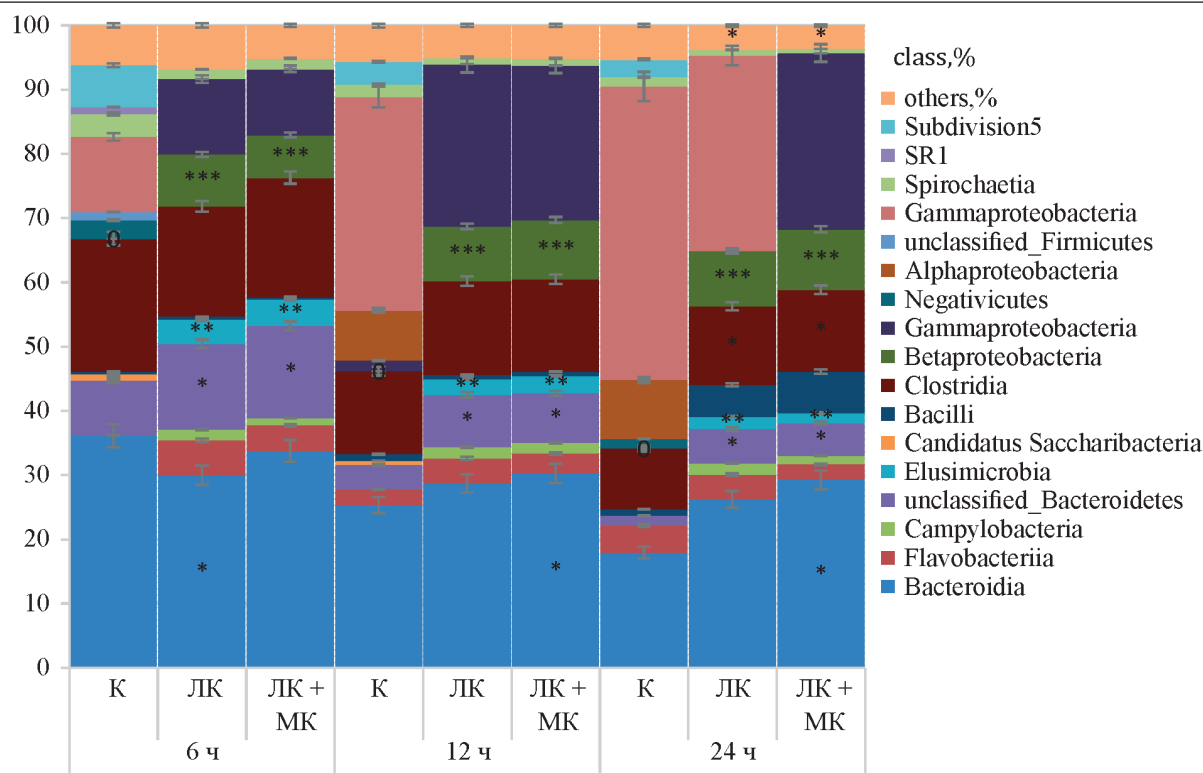
После 6 ч инкубирования в опытных группах (кавитированной лузги и кавитированной лузги с молочной кислотой) увеличивались представители порядка *Flavobacteriales* на 5,43 и 3,93% и *Elusimicrobiales* на 3,77 и 3,98% относительно контроля соответственно. Также данные группы показали численное снижение *Bacillales* – 0,11 и 0,21% и *Clostridiales* – 3,26 и 2,20% относительно контроля.

После 12 ч инкубирования наибольшее значение численности отмечено у порядков *Bacteroidales* на 3,30 и 4,90%, *Clostridiales* – 1,66 и 1,50% относительно контрольной группы. Происходило уменьшение порядков *Bacillales* на 0,37 и 0,40%, *Pseudomonadales* – 8,30 и 10,0% по сравнению с контролем.

Химический состав подсолнечной лузги, %  
Chemical composition of sunflower husk, %

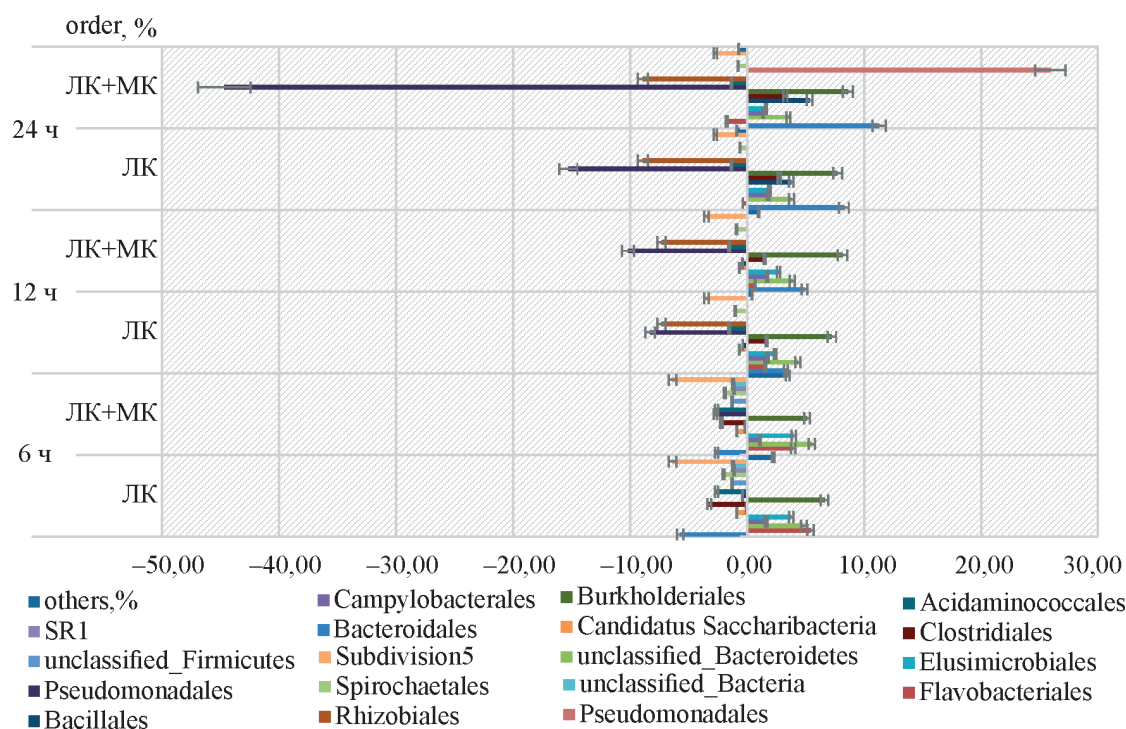
| Массовая доля   | Лузга                                |                |                                   |
|-----------------|--------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
|                 | подсолнечная измельченная (контроль) | кавитированная | кавитированная + молочная кислота |
| Сырого жира     | 4,12                                 | 1,55           | 2,50                              |
| Сухого вещества | 93,2                                 | 71,2           | 87,4                              |
| Сырого протеина | 5,38                                 | 10,7           | 5,25                              |
| Сырой клетчатки | 50,9                                 | 45,1           | 50,2                              |
| Сырой золы      | 2,40                                 | 2,00           | 3,20                              |
| Кальция         | 0,24                                 | 0,30           | 0,30                              |
| Фосфора         | 0,10                                 | 0,10           | 0,10                              |
| Сахара          | 1,90                                 | 1,40           | 0,70                              |
| Крахмала        | 3,80                                 | 2,20           | 1,10                              |





**Рис. 1.** Профиль бактериальной численности класса (6–24 ч) в рубцовой жидкости при включении в рацион кавитированной лузги подсолнечника отдельно и совместно с молочной кислотой, %

**Fig. 1.** The profile of the bacterial population of the class (in the time aspect of 6 - 24 hours) in the rumen fluid when cavitated sunflower husks are included in the diet, both separately and together with lactic acid, %



**Рис. 2.** Различия таксономического состава рубцовой жидкости при включении в рацион кавитированной лузги подсолнечника отдельно и совместно с молочной кислотой относительно контроля, %

**Fig. 2.** The difference in the taxonomic composition of the ruminal fluid when cavitated sunflower husks are included in the diet, both separately and together with lactic acid, relative to the control, %

После 24 ч инкубирования в опытных группах обнаружено увеличение численности порядка *Bacteroidales* на 8,29 и 11,3%, *Bacillales* на 3,79 и 5,34% относительно контрольной пробы.

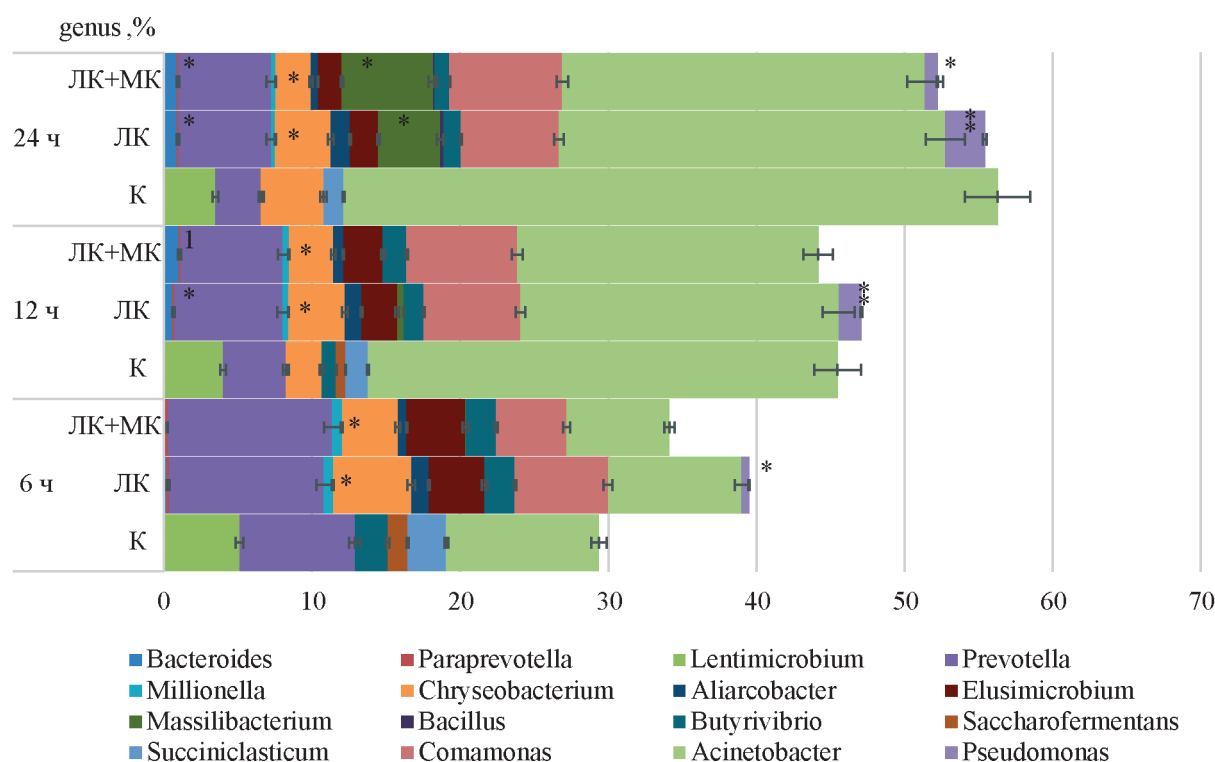
Видовое разнообразие микробиоценоза рубцовой жидкости на протяжении всего эксперимента имело сходную тенденцию процентного соотношения бактерий опытных групп относительно контрольной (см. рис. 3).

Во временном интервале 6 ч инкубирования *in vitro* во всех группах превалировал вид *Prevotella*, но в опытных группах он был больше: на 2,65% (лузга кавитированная) и на 3,33% (лузга кавитированная + молочная кислота), в интервале 12 ч – на 3,07 и 2,66%, 24 ч – 3,14 и 3,0% соответственно по отношению к контролю. Это может быть связано с тем, что опытные добавки после воздействия ультразвука и молочной кислоты реконструируют бактериальную экосистему рубца, особенно разложение клетчатки и крахмала [15].

Введение опытных добавок способствовало снижению численности бактерий вида *Acinetobacter* в 1-й опытной группе от 1,28 (6 ч) до 18,06% (24 ч), во 2-й – от 3,37 (6 ч) до 19,67% (24 ч); *Butyrivibrio* в 1-й опытной группе – от 0,17 (6 ч) до 1,15% (24 ч), во 2-й опытной – от 0,16 (6 ч) до 1,01% (24 ч) по отношению к контролю.

Во временном интервале 6–12 ч во всех группах отсутствовал вид *Bacillus*, по прошествии 24 ч в опытных группах данный вид составлял от 0,5 до 1,5% от общего числа бактерий в пробе.

Выявлено, что при 6-часовой экспозиции количественное содержание бактерий *Clostridia* во 2-й опытной группе уменьшалось относительно контроля, после экспозиции 12–24 ч, напротив, происходило увеличение бактерий класса *Clostridia* на 2,74–3,27% по отношению к контролю. Вероятно, обработка кавитированной лузги молочной кислотой ведет к увеличению численности



**Рис. 3.** Изменение бактериальной численности вида (6–24 ч) в рубцовой жидкости при включении в рацион кавитированной лузги подсолнечника отдельно и совместно с молочной кислотой, %

**Fig. 3.** Change in the bacterial abundance of the species (in the temporal aspect of 6 - 24 hours) in the rumen fluid when cavitated sunflower husks are included in the diet, both separately and together with lactic acid, %

лактатутилизирующих семейств в классе *Clostridia* по истечении 12–24 ч экспозиции [16]. Введение кавитированной лузги подсолнечника и кавитированной лузги совместно с молочной кислотой способствует увеличению разнообразия классов бактерий, принадлежащих к филуму *Bacteroidetes*. Ученые выяснили, что филум *Bacteroidetes* является одной из основных бактерий, участвующих в производстве короткоцепочечных жирных кислот [17], и более многочисленных в сообществах, связанных со слизистой оболочкой или адгезированных на поверхностях кормовых частиц [18].

Определяющим фактором лучшего продуктивного действия кормовых добавок на основе отходов маслоэкстракционного производства, активируемых различными способами, в комплексе с ультразвуковым воздействием на процесс пищеварения является меньшая бактериальная насыщенность рубца, что приводит к более простой метаболической цепочке. За счет этого происходит увеличение концентраций определенных ферментативных веществ, отвечающих за перерабатываемость питательных веществ [19].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во временном интервале 6 ч инкубирования *in vitro* в опытных группах превалировал вид *Prevotella*: на 2,65% (лузга кавитированная) и на 3,33% (лузга кавитированная + молочная кислота) выше относительно контроля. Вероятно, это связано с тем, что опытные добавки после воздействия ультразвука и молочной кислоты реконструируют бактериальную экосистему рубца, особенно разложение клетчатки и крахмала. Инкубирование кавитированной лузги подсолнечника как отдельно, так и совместно с молочной кислотой, в рубцовой жидкости крупного рогатого скота влияет на таксономическое разнообразие бактерий с преобладанием принадлежащих к филуму *Bacteroidetes*, в частности, увеличивается количество представителей класса *Flavobacteriia*.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lima J., Auffret M.D., Stewart R.D., Dewhurst R.J., Duthie C.A., Snelling T.J., Walker A.W., Freeman T.C., Watson M., Roehe R. Identification of ru-

men microbial genes involved in pathways linked to appetite, growth, and feed conversion efficiency in cattle // *Frontiers in Genetics*. 2019. Vol. 8. N 10. P. 701. DOI: 10.3389/fgene.2019.00701.

2. Zubiria I., Garcia-Rodriguez A., Atxaerandio R., Ruiz R., Benhissi H., Mandaluniz N., Lavín J.L., Abecia L., Goiri I. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows // *Animals (Basel)*. 2019. Vol. 9. N 10. P. 755. DOI: 10.3390/ani9100755.
3. Osman N.S., Sapawe N., Sapuan M.A.U., Fozzi M.F.M., Azman M.H.I.F., Fazry A.H.Z., Zainudin M.Z.H., Hanafi M.F. Sunflower shell waste as an alternative animal feed // *Materials Today: Proceedings*. 2018. Vol. 5. N 10. P. 21905–21910. DOI: 10.1016/j.matpr.2018.07.049.
4. Haro A., Gonzalez J., de Evan T., de la Fuente J., Carro M.D. Effects of feeding rumen-protected sunflower seed and meal protein on feed intake, diet digestibility, ruminal, cecal fermentation, and growth performance of lambs // *Animals (Basel)*. 2019. Vol. 9 (7). P. 415. DOI: 10.3390/ani9070415.
5. Javourez U., O'Donohue M., Hamelin L. Waste-to-nutrition: a review of current and emerging conversion pathways // *Biotechnology Advances*. 2021. Vol. 53. P. 107857. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2021.107857.
6. Saha S., Roy A. Whole grain rice fortification as a solution to micronutrient deficiency: Technologies and need for more viable alternatives // *Food Chemistry*. 2020. N 326. P. 127049. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127049.
7. Muslyumova D.M., Kurilkina M.Ya., Dускаев G.K., Zavyalov O.A. A method for increasing the productivity of meat gobies thanks to the use of cavitated sunflower oil sludge in the diet // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 22055. DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022055.
8. Kamal H., Ali A., Manickam S., Le C.F. Impact of cavitation on the structure and functional quality of extracted protein from food sources – An overview // *Food Chemistry*. 2023. Vol. 1. N 407. P. 135071. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.135071.
9. Zubiria I., Garcia-Rodriguez A., Atxaerandio R., Ruiz R., Benhissi H., Mandaluniz N., Lavín J.L., Abecia L., Goiri I. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows // *Animals (Basel)*. 2019. Vol. 9. N 10. P. 755. DOI: 10.3390/ani9100755.
10. Alharthi A.S., Al-Baadani H.H., Al-Badwi M.A., Abdelrahman M.M., Alhidary I.A., Khan R.U.

- Effects of sunflower hulls on productive performance, digestibility indices and rumen morphology of growing Awassi lambs fed with total mixed rations // *Journal of Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. N 9. P. 174. DOI: 10.3390/vetsci8090174.
11. Haro A., Carro M., Evan T., González J. Influence of feeding sunflower seed and meal protected against ruminal fermentation on ruminal fermentation, bacterial composition and *in situ* degradability in sheep // *Archives of Animal Nutrition*. 2020. Vol. 1. N 17. P. 74. DOI: 10.1080/1745039X.2020.1756679.
  12. Gerlach K., Daniel J.L.P., Jobim C.C., Nussio L.G. A data analysis on the effect of acetic acid on dry matter intake in dairy cattle // *Animal Feed Science and Technology*. 2021. Vol. 272. P. 114782. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114782.
  13. Zardo I., de Espindola Sobczyk A., Marczak L.D.F. Optimization of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from sunflower seed cake using response surface methodology // *Waste and Biomass Valorization*. 2019. N 10. P. 33–44. DOI: 10.1007/s12649-017-0038-3.
  14. Cangiano L.R., Yohe T.T., Steele M.A., Renaud D.L. Invited Review: Strategic use of microbial-based probiotics and prebiotics in dairy calf rearing // *Applied Animal Science*. 2020. Vol. 36. Is. 5. P. 630–651. DOI: 10.15232/aas.2020-02049.
  15. Duskaev G.K., Karimov I.F., Levakhin G.I., Nurzhanov B.S., Rysaev A.F., Dusaeva K.B. Ecology of ruminal microorganisms under the influence of *Quercus cortex* extract // *International Journal of GEOMATE*. 2019. Vol. 16. N 55. P. 59–66.
  16. Yang Y., Dong G., Wang Z. Treatment of corn with lactic acid or hydrochloric acid modulates the rumen and plasma metabolic profiles as well as inflammatory responses in beef steers // *BMC Veterinary Research*. 2018. N 14. P. 408. DOI: 10.1186/s12917-018-1734-3.
  17. Nogal A., Valdes A.M., Menni C. The role of short-chain fatty acids in the interplay between gut microbiota and diet in cardio-metabolic health // *Journal of Gut Microbes*. 2021. Vol. 13. N 1. P. 1–24. DOI: 10.1080/19490976.2021.1897212.
  18. Pinnel L.J., Reyes A.A., Wolfe C.A., Weinroth M.D., Metcalf J.L., Delmore R.J., Belk K.E., Morley P.S., Engle T.E. Bacteroidetes and Firmicutes drive differing microbial diversity and community composition among micro-environments in the bovine rumen // *Frontiers in Veterinary Science, Animal Nutrition and Metabolism*. 2022. Vol. 9. DOI: 10.3389/fvets.2022.897996.
  19. Atlanderova K.N., Duskaev G.K., Bykov A.V. Optimization of sunflower husk utilization methods using various ultrasonic treatment methods // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 1076. P. 12041. DOI: 10.1088/1755-1315/1076/1/012041.

## REFERENCES

1. Lima J., Auffret M.D., Stewart R.D., De-whurst R.J., Duthie C.A., Snelling T.J., Walker A.W., Freeman T.C., Watson M., Roehe R. Identification of rumen microbial genes involved in pathways linked to appetite, growth, and feed conversion efficiency in cattle. *Frontiers in Genetics*, 2019, vol. 8, no. 10, p. 701. DOI: 10.3389/fgene.2019.00701.
2. Zubiria I., Garcia-Rodriguez A., Atxaerandio R., Ruiz R., Benhissi H., Mandaluniz N., Lavín J.L., Abecia L., Goiri I. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals (Basel)*, 2019, vol. 9, no. 10, p. 755. DOI: 10.3390/ani9100755.
3. Osman N.S., Sapawe N., Sapuan M.A.U., Fozzi M.F.M., Azman M.H.I.F., Fazry A.H.Z., Zainudin M.Z.H., Hanafi M.F. Sunflower shell waste as an alternative animal feed. *Materials Today: Proceedings*, 2018, vol. 5, no. 10. pp. 21905–21910. DOI: 10.1016/j.matpr.2018.07.049.
4. Haro A., Gonzalez J., de Evan T., de la Fuente J., Carro M.D. Effects of feeding rumen-protected sunflower seed and meal protein on feed intake, diet digestibility, ruminal, cecal fermentation, and growth performance of lambs. *Animals (Basel)*, 2019, vol. 9 (7), p. 415. DOI: 10.3390/ani9070415.
5. Javourez U., O'Donohue M., Hamelin L. Waste-to-nutrition: a review of current and emerging conversion pathways. *Biotechnology Advances*, 2021, vol. 53, p. 107857. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2021.107857.
6. Saha S., Roy A. Whole grain rice fortification as a solution to micronutrient deficiency: Technologies and need for more viable alternatives. *Food Chemistry*, 2020, no. 326, p. 127049. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127049.
7. Muslyumova D.M., Kurilkina M.Ya., Duskaev G.K., Zavyalov O.A. A method for increasing the productivity of meat gobies thanks to the use of cavitated sunflower oil sludge in the diet. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, p. 22055. DOI: 10.1088/1755-1315/839/2/022055.
8. Kamal H., Ali A., Manickam S., Le C.F. Impact of cavitation on the structure and functional quality of



- extracted protein from food sources – An overview. *Food Chemistry*, 2023, vol. 1, no. 407, p. 135071. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.135071.
9. Zubiria I., Garcia-Rodriguez A., Atxaerandio R., Ruiz R., Benhissi H., Mandaluniz N., Lavín J.L., Abecia L., Goiri I. Effect of feeding cold-pressed sunflower cake on ruminal fermentation, lipid metabolism and bacterial community in dairy cows. *Animals (Basel)*, 2019, vol. 9, no. 10, p. 755. DOI: 10.3390/ani9100755.
  10. Alharthi A.S., Al-Baadani H.H., Al-Badwi M.A., Abdelrahman M.M., Alhidary I.A., Khan R.U. Effects of sunflower hulls on productive performance, digestibility indices and rumen morphology of growing Awassi lambs fed with total mixed rations. *Journal of Veterinary Science*, 2021, vol. 8, no. 9, p. 174. DOI: 10.3390/vetsci8090174.
  11. Haro A., Carro M., Evan T., González J. Influence of feeding sunflower seed and meal protected against ruminal fermentation on ruminal fermentation, bacterial composition and *in situ* degradability in sheep. *Archives of Animal Nutrition*, 2020, vol. 1, no. 17, p. 74. DOI: 10.1080/1745039X.2020.1756679.
  12. Gerlach K., Daniel J.L.P., Jobim C.C., Nussio L.G. A data analysis on the effect of acetic acid on dry matter intake in dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 2021, vol. 272, p. 114782. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114782.
  13. Zardo I., de Espindola Sobczyk A., Marczak L.D.F. Optimization of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from sunflower seed cake using response surface methodology. *Waste and Biomass Valorization*, 2019, no. 10, p. 33–44. DOI: 10.1007/s12649-017-0038-3.
  14. Cangiano L.R., Yohe T.T., Steele M.A., Renaud D.L. Invited Review: Strategic use of microbial-based probiotics and prebiotics in dairy calf rearing. *Applied Animal Science*, 2020, vol. 36, is. 5, pp. 630–651. DOI: 10.15232/aas.2020-02049.
  15. Duskaev G.K., Karimov I.F., Levakhin G.I., Nurzhanov B.S., Rysaev A.F., Dusaeva K.B. Ecology of ruminal microorganisms under the influence of *Quercus cortex* extract. *International Journal of GEOMATE*, 2019, vol. 16, no. 55, pp. 59–66.
  16. Yang Y., Dong G., Wang Z. Treatment of corn with lactic acid or hydrochloric acid modulates the rumen and plasma metabolic profiles as well as inflammatory responses in beef steers. *BMC Veterinary Research*, 2018, no. 14, p. 408. DOI: 10.1186/s12917-018-1734-3.
  17. Nogal A., Valdes A.M., Menni C. The role of short-chain fatty acids in the interplay between gut microbiota and diet in cardio-metabolic health. *Journal of Gut Microbes*, 2021, vol. 13, no. 1, pp. 1–24. DOI: 10.1080/19490976.2021.1897212.
  18. Pinnel L.J., Reyes A.A., Wolfe C.A., Weinroth M.D., Metcalf J.L., Delmore R.J., Belk K.E., Morley P.S., Engle T.E. Bacteroidetes and Firmicutes drive differing microbial diversity and community composition among micro-environments in the bovine rumen. *Frontiers in Veterinary Science, Animal Nutrition and Metabolism*, 2022, vol. 9. DOI: 10.3389/fvets.2022.897996.
  19. Atlanderova K.N., Duskaev G.K., Bykov A.V. Optimization of sunflower husk utilization methods using various ultrasonic treatment methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 1076, p. 12041. DOI: 10.1088/1755-1315/1076/1/012041.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мирошников С.А.**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, ведущий научный сотрудник

**Дускаев Г.К.**, доктор биологических наук, заместитель директора, ведущий научный сотрудник

✉ **Атландерова К.Н.**, кандидат биологических наук, научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 460000, Оренбургская область, Оренбург, ул. 9 января, 29; e-mail: atlander-kn@mail.ru

**Матющенко Н.С.**, аспирант

## AUTHOR INFORMATION

**Sergey A. Miroshnikov**, Doctor of Science in Biology, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Researcher

**Galimzhan K. Duskaev**, Doctor of Science in Biology, Deputy Director, Lead Researcher

✉ **Kseniya N. Atlanderova**, Candidate of Science in Biology, Researcher; **address:** 29, 9 Yanyarya St., Orenburg, Orenburg region, 460000, Russia; e-mail: atlander-kn@mail.ru

**Natalya S. Matyushchenko**, Post-graduate Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 14.09.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 07.12.2022  
Дата публикации / Published 20.06.2023

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОРМОВОЙ МУКИ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА РОСС-308

Реймер В.А., (✉) Князев С.П., Ковалев Г.В.

Новосибирский государственный аграрный университет

(✉) e-mail: knyser@rambler.ru

Представлены исследования по эффективности применения кормовой муки собственного производства, приготовленной из отходов птицеводства, в качестве ингредиента рационов для кормления цыплят-бройлеров. Научно-хозяйственный и физиологический опыты проведены в производственных условиях Новосибирской области в 2021, 2022 гг. Объектом исследования были цыплята-бройлеры кросса Росс-308 в возрасте от 5 до 40 сут. В рационе кормления контрольной группы использовали мясо-костную муку в количестве 5% от структуры рациона, которую в двух опытных группах заменяли на кормовую муку животного происхождения собственного производства, стерилизованную при различных температурных режимах. В 1-й опытной группе молодняк потреблял кормовую муку, стерилизованную при температуре 135 °С, во 2-й опытной – при 150 °С. Стерилизацию осуществляли в котле ВС 10 000. Полученные данные свидетельствуют, что живая масса цыплят-бройлеров была высокой во всех группах, при этом молодняк контрольной и 1-й опытной групп по живой массе достоверно превышал птицу 2-й опытной на 3,1 и 2,6% ( $p < 0,05$ ). Энергия роста, сохранность поголовья и затраты кормов были близкими во всех группах и находились на уровне 71,1–73,4 г, 97,0–98,0% и 1,49–1,56 кг на 1 кг прироста соответственно. Переваримость сырого протеина и жира была высокой, различия между группами незначительны. Переваримость сырой клетчатки отмечена практически одинаковой в контрольной и 1-й опытной группах, во 2-й опытной она уменьшилась на 1% по отношению к контрольной ( $p < 0,05$ ). Максимальный убойный выход мяса (75,8%) отмечен в 1-й опытной группе, в контрольной этот показатель оказался немного меньше (на 2,3%). Во 2-й опытной он был ниже по сравнению с контрольной и опытной группами на 3,0 ( $p < 0,05$ ) и 4,3% ( $p < 0,01$ ) соответственно. Во 2-й опытной группе индекс продуктивности оказался ниже по сравнению с другими группами. Экономическая эффективность была высокой во всех группах, однако при скормливании молодняку кормовой муки, стерилизованной при 135 °С, эффективность производства увеличилась на 16%.

**Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, прирост живой массы, кормовая мука животного происхождения, убойный выход, рентабельность производства, индекс продуктивности, конверсия корма

## EFFICIENCY OF USING FODDER MEAL OF ANIMAL ORIGIN IN THE REARING OF BROILER CHICKENS OF THE ROSS-308 CROSS

Reymer V.A., (✉) Knyazev S.P., Kovalev G.A.

Novosibirsk State Agrarian University

(✉) e-mail: knyser@rambler.ru

Studies on the effectiveness of the use of fodder meal of own production prepared from poultry waste as an ingredient of diets for feeding broiler chickens are presented. Scientific-economic and physiological experiments were carried out under production conditions in the Novosibirsk region in 2021, 2022. The object of the study were broiler chickens of the Ross-308 cross from 5 to 40 days of age. In the diet of the control group meat and bone meal in the amount of 5% of the diet structure was used, which in the two experimental groups was replaced by animal fodder meal of own production sterilized at different temperature regimes. In the 1st experimental group young animals consumed fodder meal sterilized at 135 °C, in the 2nd experimental group - at 150 °C. Sterilization was carried out in the boiler BC 10,000. The data obtained indicate that the live weight of broiler chickens was high in all groups, with the young birds of the control and 1st experimental groups significantly exceeded the 2nd experimental group by 3.1 and 2.6% ( $p < 0.05$ ) in terms of live weight. Energy of

growth, keeping stock and feed expenses were close in all groups and were at the level of 71.1-73.4 g, 97.0-98.0% and 1.49-1.56 kg per 1 kg of growth respectively. Digestibility of crude protein and fat was high, differences between groups were insignificant. Digestibility of crude fiber was almost the same in the control and 1st experimental groups, in the 2nd experimental group it decreased by 1% relative to the control ( $p < 0.05$ ). The maximum slaughter yield of meat (75.8%) was observed in the 1st experimental group, while in the control group this indicator was slightly lower (by 2.3%). In the 2nd experimental group, it was lower compared to the control and 1st experimental groups by 3.0 ( $p < 0.05$ ) and 4.3% ( $p < 0.01$ ), respectively. In the 2nd experimental group, the productivity index was lower compared to the other groups. Economic efficiency was high in all groups, but production efficiency increased by 16% when feed flour sterilized at 135 °C was fed to young animals.

**Keywords:** broiler chickens, live weight gain, fodder meal of animal origin, slaughter yield, profitability of production, productivity index, feed conversion

**Для цитирования:** Реймер В.А., Князев С.П., Ковалев Г.В. Эффективность использования кормовой муки животного происхождения при выращивании цыплят-бройлеров кросса Росс-308 // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 62–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-8>

**For citation:** Reymer V.A., Knyazev S.P., Kovalev G.A. Efficiency of using fodder meal of animal origin in the rearing of broiler chickens of the Ross-308 cross. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 62–69. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-8>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

Птицеводство в России – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей животноводства с экономически положительным результатом производства [1]. Эффективность производства в существенной степени зависит от полноценного и сбалансированного кормления птицы, так как корма в структуре себестоимости занимают 65–75%. В связи с этим для повышения продуктивности, качества продукции и снижения ее себестоимости используют различные приемы производства, применяют кормовые и биологически активные вещества, которые повышают переваримость питательных веществ, нормализуют физиологическое состояние организма [2–6]. Использование для улучшения полноценности рационов переработки побочных продуктов различных производств способствует повышению продуктивности птицы<sup>1</sup> и снижению себестоимости продукции [7–9].

Актуальность данной работы заключается в исследовании возможности замещения мяско-костной муки в рационе кормовой муки

собственного производства, приготовленной из отходов птицеводства при убойе, инкубации и падежа птицы неинфекционного характера. В исследовании сравнивали муку, стерилизованную при различных температурных режимах.

Цель работы – изучить влияние кормовой муки животного происхождения на экономическую эффективность выращивания цыплят-бройлеров на мясо.

В задачи исследования входило определение живой массы цыплят-бройлеров, получавших рацион с добавлением кормовой муки, среднесуточный прирост, переваримость и затраты кормов на произведенную продукцию, качество мяса и экономическую эффективность его производства.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Научно-хозяйственный и физиологический опыты проведены в птицеводческом хозяйстве АО «Новосибирская птицефабрика» Новосибирской области в 2021, 2022 гг. Объектом исследований были цыплята-бройлеры

<sup>1</sup>Алексеева З.Н., Реймер В.А., Сивильгаев А.В., Клемешова И.Ю., Чутина Л.В. Активированные корма из отходов зернового производства: монография. Новосибирск: НГАУ, 2009. 134 с.

красса Росс-308. Молодняк выращивали в клеточных батареях с 5- до 40-дневного возраста (см. табл. 1).

Группы молодняка птицы сформированы методом аналогов по возрасту, массе и происхождению. Микроклимат, световой режим и плотность посадки для всех групп были одинаковыми и соответствовали нормативам для молодняка этого красса<sup>2</sup>. Кормовую муку животного происхождения производили согласно технологии фирмы Haarslev.

Приведенная питательность рационов по сырому протеину (22–20% на большей части периода выращивания) соответствовала нормативам, в которых в рационе бройлеров в возрасте 21–27 дней рекомендуется обеспечивать ее содержание на уровне 19,94%<sup>3</sup>.

Стерилизацию полученной муки осуществляли в котле ВС 10 000 при двух различных температурных режимах.

Качество и питательность кормовой муки и мяса птицы определяли в химической лаборатории НГАУ.

Питательная ценность рациона была одинаковой для всех групп, но изменялась с возрастом в процессе выращивания бройлеров (см. табл. 2).

Живую массу цыплят-бройлеров красса Росс-308 определяли взвешиванием в различный период роста, конверсию корма – ежедневным учетом задаваемых кормов и их остатков, переваримость питательных ве-

**Табл. 2.** Структура и питательность основного рациона цыплят-бройлеров

**Table 2.** Structure and nutritional content of the basic diet of broiler chickens

| Компонент, %                            | Период выращивания, дни |       |       |
|-----------------------------------------|-------------------------|-------|-------|
|                                         | 5–20                    | 21–27 | 28–40 |
| Пшеница фуражная                        | 47,0                    | 47,0  | 47,0  |
| Ячмень                                  | 7,0                     | 15,0  | 11,0  |
| Отруби пшеничные                        | –                       | 2,5   | –     |
| Соя полножирная тостированная           | 10,0                    | 10,0  | 5,9   |
| Жмых подсолнечный                       | 15,0                    | 5,0   | 15,0  |
| Мясо-костная мука                       | 5,0                     | 5,0   | 5,0   |
| Рыбная мука                             | 4,5                     | 8,0   | –     |
| Дрожжи пекарские                        | 5,0                     | –     | 5,0   |
| Масло подсолнечное                      | 4,4                     | 4,5   | 7,0   |
| Монокальций фосфат                      | 0,4                     | 0,4   | 0,6   |
| Известняковая мука                      | 0,2                     | 1,2   | 2,1   |
| Соль поваренная                         | 0,3                     | 0,2   | 0,2   |
| Премикс ПК-1 (заказ хозяйства)          | 1,0                     | 1,0   | 1,0   |
| Гравий                                  | 0,2                     | 0,2   | 0,2   |
| <i>Содержание в 100 г кормосмеси, г</i> |                         |       |       |
| Обменная энергия, МДж                   | 1,243                   | 1,265 | 1,283 |
| Сырой протеин                           | 22,17                   | 20,0  | 18,1  |
| Сырая клетчатка                         | 5,07                    | 4,7   | 5,1   |
| Линолевая кислота                       | 2,61                    | 1,63  | 2,02  |
| Кальций                                 | 1,09                    | 1,1   | 1,2   |
| Фосфор общий                            | 0,78                    | 0,7   | 0,71  |
| Фосфор усвояемый                        | 0,52                    | 0,6   | 0,6   |
| Натрий                                  | 0,24                    | 0,21  | 0,20  |
| Лизин                                   | 1,1                     | 0,75  | 0,85  |
| Метионин + цистин                       | 0,75                    | 0,72  | 0,72  |
| Триптофан                               | 0,27                    | 0,16  | 0,19  |

**Табл. 1.** Схема опыта ( $n = 100$ )

**Table 1.** Experiment scheme ( $n = 100$ )

| Группа      | Кормление птицы                                                                                         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контрольная | ОР (основной рацион), используемый в хозяйстве, включая 5% мясо-костной муки промышленного производства |
| 1-я опытная | ОР + 5% кормовой муки, стерилизованной при 135 °C (вместо мясо-костной муки)                            |
| 2-я опытная | ОР + 5% кормовой муки, стерилизованной при 150 °C (вместо мясо-костной муки)                            |

ществ – при проведении балансового опыта, используя цыплят по 5 гол. в возрасте 28 дней в каждой группе. Жизнеспособность молодняка фиксировали ежедневным учетом падежа. Убойный выход и качество мяса определяли по итогам контрольного убоя бройлеров в убойном цехе хозяйства.

Абсолютный среднесуточный прирост живой массы, индекс продуктивности и экономическую эффективность устанавливали расчетным методом. Цифровой материал,

<sup>2</sup>Материал и методика проведения опытов (научные исследования) // Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / под общ. ред. В.И. Фисинина. Сергиев Посад, 2013. С. 5–31.

<sup>3</sup>Руководство по выращиванию и содержанию бройлерного поголовья. [http://ru.aviagen.com/assets/TechCenter/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/RUS\\_TechDocs/08a-Ross-308-Broiler-PO/pdf](http://ru.aviagen.com/assets/TechCenter/BB_Foreign_Language_Docs/RUS_TechDocs/08a-Ross-308-Broiler-PO/pdf)



полученный в ходе исследований, обработан методом вариационной статистики с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Кормовая мука животного происхождения, полученная при различных режимах стерилизации, характеризуется высоким качеством: по внешнему виду это продукт сыпучий, без плотных, не распадающихся при надавливании комков, со специфическим запахом; мука не токсична, ее общая бактериальная обсемененность не превышает  $3,4 \cdot 10^5$  КОЕ на 1 г. Таким образом, она соответствует требованиям ГОСТа<sup>4</sup>.

Питательность мясо-костной и кормовой муки животного происхождения, включенных в рационы для трех групп бройлеров, представлена в табл. 3.

Содержание сырого протеина в кормовой муке, используемой в кормлении цыплят-бройлеров 1-й опытной группы, составило 48,5%, во 2-й опытной содержание этого питательного вещества немного снизилось.

Сырая клетчатка в рационе опытных групп составляла 0,6 и 0,61%, в рационе контрольной группы ее не было. Содержание сырого жира в опытных группах было практически одинаковым (около 9%), в рационе контрольной группы, в котором использовалась

мясо-костная мука промышленного производства, его находилось больше на 1,2–1,3%. Содержание аминокислот и минеральных веществ во всех группах было практически одинаковым.

Данные, полученные в нашем эксперименте по изучению качества кормовой муки животного происхождения, согласуются с аналогичными параметрами в исследованиях других авторов [10, 11].

В опыте установлено, что скормливание кормовой муки животного происхождения позволяет получать цыплят-бройлеров с живой массой от 2633 до 2703 г в возрасте 40 сут. В табл. 4 приведены данные по динамике живой массы контрольного и опытного молодняка.

Живая масса молодняка во всех трех группах по окончании периода выращивания оказалась неодинаковой. Максимальной (2715 г) она была у цыплят-бройлеров контрольной группы, в которой молодняку скормливали в составе комбикорма мясо-костную муку промышленного производства в количестве 5%. В 1-й опытной группе (с добавлением в рацион кормовой муки местного приготовления, стерилизованной при 130 °С) этот показатель оказался незначительно и недостоверно меньше (на 12 г) и составил 2703 г. При использовании кормовой муки животного происхождения со стерилизацией в режиме 150 °С живая масса цыплят-бройлеров в итоге откорма оказалась достоверно ( $p < 0,05$ ) меньше, чем в контрольной и 1-й опытной группах, на 3,0 и 2,6% соответственно. Вероятно, причиной

**Табл. 3.** Питательность мясо-костной и кормовой муки животного происхождения, %

**Table 3.** Nutritional value of meat and bone and fodder meal of animal origin, %

| Показатель              | Группа      |             |             |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                         | контрольная | 1-я опытная | 2-я опытная |
| Сырой протеин           | 48,0        | 48,5        | 48,0        |
| Сырая клетчатка         | —           | 0,60        | 0,61        |
| Сырой жир               | 10,5        | 9,3         | 9,2         |
| Лизин                   | 2,37        | 2,41        | 2,22        |
| Метионин + цистин       | 1,05        | 1,02        | 1,01        |
| Кальций                 | 6,51        | 6,81        | 6,43        |
| Фосфор                  | 3,28        | 3,33        | 3,12        |
| Выход готовой продукции | —           | 36,0        | 34,6        |

**Табл. 4.** Живая масса цыплят-бройлеров кросса Росс-308, г

**Table 4.** Live weight of broiler chickens of the Ross-308 cross, g

| Возраст птицы, дней | Группа         |              |             |
|---------------------|----------------|--------------|-------------|
|                     | контрольная    | 1-я опытная  | 2-я опытная |
| 5                   | 144,5 ± 6,1    | 145 ± 5,4    | 144 ± 6,7   |
| 10                  | 310,0 ± 8,6    | 305 ± 8,7    | 300 ± 9,3   |
| 20                  | 915,1 ± 16,9   | 905 ± 17,5   | 883 ± 18,6  |
| 30                  | 1845,0 ± 22,1  | 1800 ± 20,1  | 1794 ± 21,3 |
| 40                  | 2715,0 ± 25,1* | 2703 ± 22,2* | 2633 ± 26,5 |

\* $p < 0,05$ .

<sup>4</sup>ГОСТ 17536–82 Мука кормовая животного происхождения. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 2002.

**Табл. 5.** Среднесуточный прирост живой массы цыплят-бройлеров, г

**Table 5.** Average daily live weight gain of broiler chickens, g

| Группа      | Период выращивания, дни |             |             |               |             |
|-------------|-------------------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
|             | 6–10                    | 11–20       | 21–30       | 31–40         | 6–40        |
| Контрольная | 33,1 ± 0,68             | 60,5 ± 1,64 | 93,0 ± 1,45 | 87,0 ± 1,65   | 73,4 ± 1,53 |
| 1-я опытная | 32,0 ± 0,75             | 60,0 ± 1,1  | 89,5 ± 1,2  | 90,3 ± 1,75** | 73,1 ± 1,61 |
| 2-я опытная | 31,2 ± 0,9              | 58,3 ± 2,1  | 91,1 ± 1,7  | 83,1 ± 2,11   | 71,1 ± 1,11 |

этого послужила более высокая температура стерилизации муки [9].

Энергия роста молодняка при использовании мясо-костной и кормовой муки животного происхождения находилась на высоком уровне. В табл. 5 приведены данные по среднесуточному приросту бройлеров. По периодам роста этот показатель различался и в возрастном аспекте, и между группами. В первые 5 дней роста молодняка этот показатель был выше в контрольной группе по сравнению с 1-й опытной на 3,4%, со 2-й – на 6,1%.

С увеличением возраста молодняка энергия роста изменялась. До 30-го дня выращивания бройлеры контрольной группы опережали по среднесуточному приросту молодняк опытных групп, но в период 31–40 дней она оказалась в 1-й опытной группе несколько выше (на 1,7%), чем в контрольной, и существенно (на 8%) и достоверно более высокой ( $p < 0,05$ ), чем во 2-й опытной. За весь период выращивания молодняка (от 6 до 40 дней) значения абсолютного среднесуточного прироста были близкими в контрольной и 1-й опытной группах с различием всего в 0,3 г (0,4%) в пользу контроля. Тенденция к менее высокой энергии роста отмечена во 2-й опытной группе по сравнению и с контрольной, и с 1-й опытной на 3,1 и 2,8% соответственно.

Важным показателем, определяющим эффективность производства мяса птицы, являются затраты корма на 1 кг прироста живой массы (см. табл. 6). Полученные данные свидетельствуют об увеличении расхода кормов на единицу продукции с повышением возраста птицы во всех группах. Колебания этого показателя среди групп по периодам роста молодняка и в целом за весь цикл выращивания не-

значительны. С 28-го по 40-й день существенное увеличение расхода кормов на продукцию наблюдали во 2-й опытной группе. За полный период выращивания тенденция снижения конверсии корма на продукцию сохранилась для 2-й опытной группы: если в контрольной и в 1-й опытной расход корма составил 1,49 и 1,50 кг на 1 кг прироста, то во 2-й группе он был больше на 4,7 и 4,0% соответственно.

Тенденция увеличения затрат кормов на продукцию подтверждается также результатами анализа переваримости питательных веществ в трех изученных группах бройлеров (см. табл. 7).

Переваримость сырого протеина и сырого жира во всех группах находилась на высоком уровне и составила 78,8–82,3% для протеина и 70,7–74,2% для жира. Снижение переваримости сырой клетчатки в опытных группах по сравнению с контрольной произошло за счет наличия в кормовой муке животного происхождения небольшого количества сырой клетчатки, препятствующей более полному гидролизу<sup>5</sup> по сравнению с мясо-костной мукой промышленного производства, в которой клетчатка отсутствовала полностью.

**Табл. 6.** Затраты кормов на прирост живой массы цыплят-бройлеров, кг

**Table 6.** Feed costs for live weight gain in broiler chickens, kg

| Группа                 | Период выращивания птицы, дни |       |       |      |
|------------------------|-------------------------------|-------|-------|------|
|                        | 6–20                          | 21–27 | 28–40 | 6–40 |
| <i>Конверсия корма</i> |                               |       |       |      |
| Контрольная            | 1,25                          | 1,5   | 1,65  | 1,49 |
| 1-я опытная            | 1,26                          | 1,42  | 1,69  | 1,50 |
| 2-я опытная            | 1,24                          | 1,58  | 1,78  | 1,56 |

<sup>5</sup>Тестар Р.Ф., Каркалас Дж., Ки Ц. Структура крахмала и переваримость. Взаимоотношение энзим-субстрат // World's Poultry Science Journal. 2004. Vol. 60. № 2. P. 257–258.

**Табл. 7.** Переваримость питательных веществ, %  
**Table 7.** Digestibility of nutrients, %

| Показатель      | Группа           |                |                |
|-----------------|------------------|----------------|----------------|
|                 | контроль-<br>ная | 1-я<br>опытная | 2-я<br>опытная |
| Сырой протеин   | 82,3 ± 3,2       | 81,2 ± 2,7     | 78,8 ± 2,3     |
| Сырой жир       | 73,5 ± 2,8       | 74,2 ± 3,2     | 70,7 ± 2,6     |
| Сырая клетчатка | 8,7 ± 0,3*       | 7,9 ± 0,6      | 7,7 ± 0,4      |

\* $p < 0,05$ .

Это обстоятельство не является лимитирующим фактором при оценке перспективности использования заменителей мясо-костной муки промышленного производства на основе собственной переработки птицеводческими предприятиями побочного сырья, что снижает расходы на закупку добавки и способствует повышению эффективности отрасли<sup>6</sup>.

Наши исследования показали, что скормливание кормовой муки животного происхождения не оказало отрицательного влияния на жизнеспособность цыплят-бройлеров. Сохранность молодняка за период выращивания была высокой и во всех группах находилась на уровне 97,0–98,0%. Использование кормовой муки при температуре стерилизации 135 °C повысило сохранность на 0,5 и 1,0% по сравнению с контрольной и 2-й опытной группами.

Качество получаемой продукции при использовании кормовой муки животного про-

исхождения при различных температурах ее стерилизации изменялось (см. табл. 8).

При этом различные рационы не оказали существенного влияния на убойный выход мяса: колебание было незначительным – от 72,7 до 75,8%. Однако качество мяса бройлеров наиболее высоким оказалось в 1-й опытной группе – среди них количество тушек первой категории составило 87,1%. Во 2-й опытной группе оно было достоверно ниже – на 3,0 и 4,3% по сравнению с контрольной ( $p < 0,05$ ) и 1-й опытной ( $p < 0,001$ ).

По окончании эксперимента проведен экономический анализ выращивания цыплят-бройлеров по показателю индекса продуктивности и экономической эффективности производства.

Наиболее высокий индекс продуктивности был в 1-й опытной группе, в которой цыплята-бройлеры потребляли комбикорм с кормовой мукой при температуре стерилизации 135 °C, и в контрольной, где скормливали птице мясо-костную муку промышленного производства. Во 2-й опытной группе, в которой скормливали кормовую муку животного происхождения при температуре стерилизации 150 °C, индекс продуктивности снизился на 7,5 и 7,3% соответственно.

Скормливание цыплятам-бройлерам кормов с разными видами муки привело к изменению экономической эффективности производства. Себестоимость производства

**Табл. 8.** Качество продукции при скормливании цыплятам-бройлерам мясо-костной муки и кормовой муки животного происхождения

**Table 8.** Product quality when feeding broiler chickens with meat and bone and fodder meal of animal origin

| Показатель                    | Группа       |               |               |
|-------------------------------|--------------|---------------|---------------|
|                               | контрольная  | 1-я опытная   | 2-я опытная   |
| Средняя живая масса 1 гол., г | 2697 ± 24,1  | 2691 ± 22,2   | 2643 ± 26,5   |
| Масса потрошеной тушки, г     | 1982 ± 23,1  | 2040 ± 21,8   | 1914,2 ± 22,3 |
| Убойный выход, %              | 73,5 ± 0,96  | 75,8 ± 1,08   | 72,7 ± 1,25   |
| Качество мяса, %:             |              |               |               |
| первой категории              | 85,8 ± 1,04* | 87,1 ± 1,11** | 82,8 ± 1,08   |
| второй категории              | 14,2 ± 0,64  | 12,9 ± 0,78   | 17,2 ± 0,57** |

\* $p < 0,05$ .

\*\* $p < 0,01$ .

<sup>6</sup>Волик В., Зиновьев С., Исмаилова Д., Ерохина О. Мясо-костная мука – по новой технологии // Животноводство России. Апрель 2016. С. 9–10.

1 кг кормовой муки в хозяйстве составила на время опыта 137 р., стоимость мясо-костной муки промышленного производства, приобретаемой хозяйством в этот же период, – 293 р. за 1 кг. Проведенные расчеты по общепринятой методике показали, что уровень рентабельности при скормливаниях рациона с кормовой мукой животного происхождения, стерилизованной при 135 °С (1-я опытная группа), оказался на 16,6% выше, чем рентабельность в контрольной (использовали мясо-костную муку промышленного производства), и на 16,4% выше, чем рентабельность во 2-й опытной группе, в которой использовали кормовую муку животного происхождения с температурой стерилизации 150 °С. Снижение рентабельности во 2-й опытной группе произошло за счет уменьшения живой массы молодняка и снижения качества продукции, в контрольной – за счет высокой стоимости мясо-костной муки по сравнению с менее затратной кормовой мукой собственного приготовления.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Включение в рацион цыплятам-бройлерам 5% кормовой муки животного происхождения из отходов птицеводства с температурой стерилизации 135 °С вместо мясо-костной муки промышленного производства позволяет повысить убойный выход на 2,3%, улучшить качество мяса на 1,3% и поднять уровень рентабельности на 16,6% по сравнению с применением обычного рациона с мясо-костной мукой. Этот режим приготовления кормовой муки представляется наиболее оптимальным, тогда как более высокотемпературная стерилизация кормовой муки обуславливает снижение практически всех учитываемых показателей эффективности бройлерного птицеводства на примере кросса Росс-308. Полученные результаты подтверждают недавние выводы академика В.И. Фисинина [12] о важности применения ресурсосберегающих технологий при организации кормления птицы в зависимости от ее генетической принадлежности (исходные линии, родители, гибриды).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фисинин В.И.* Мировое и российское птицеводство: реалии и вызовы будущего: монография. М.: Хлебпродинформ, 2019. 470 с.

2. *Каранетян А.К.* Использование нетрадиционных кормов, различных рецептур премиксов и БВМК при производстве мяса бройлеров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 10. С. 37–54. DOI: 10.33920/sel-05-2210-04.
3. *Фисинин В.И., Егоров И.А., Лаптев Г.Ю., Ленкова Т.Н., Никонов И.Н., Ильина Л.А., Манукян В.А., Грозина А.А., Егорова Т.А., Новикова Н.И., Йылдырым Е.А.* Получение продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов // Вопросы кормления. 2017. Т. 86 (6). С. 114–124. DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00013.
4. *Скрябин В.А., Сабоев И.А., Табанюхов К.А.* Побочные продукты мукомольно-крупяного производства как источник белка повышенной биологической ценности // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 3 (25). С. 105–111. DOI: 10.31677/2311-0651-2019-25-3-105-111.
5. *Цой З.В., Адушинов Д.С.* Кормовая добавка из отходов рыбного промысла в комбикормах для кур-несушек в условиях Приморского края // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 12. С. 20–32. DOI: 10.33920/sel-05-2212-03.
6. *Цой З.В., Васильева Н.В.* Влияние нетрадиционных кормовых добавок на яичную продуктивность кур-несушек в условиях Приморского края // Вестник ИРГСХА. 2020. Вып. 98. С. 145–153. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-98-145-153.
7. *Цой З.В., Васильева Н.В.* Влияние нетрадиционных кормовых добавок растительного и морского происхождения на яичную продуктивность кур-несушек // Вестник ИРГСХА. 2020. Вып. 101. С. 135–143. DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-135-143.
8. *Рогачев В.А., Мерзлякова О.Г., Лукьянчикова Н.Л., Магер С.Н.* Белково-витаминная мука из пшеничных отрубей, обогащенная фитазой в рационе перепелов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 2. С. 46–54. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-2-6.
9. *Фисинин В.И., Исмаилова Д.Ю., Волик В.Г.* Глубокая переработка вторичных продуктов птицеводства для разных направлений использования // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 6. С. 1105–1115. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus.
10. *Цой З.В., Васильева Н.В.* Влияние нетрадиционных кормовых добавок на яичную продуктивность кур-несушек // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2. С. 118–122. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-118-122.



11. Пономаренко Ю.А., Фисинин В.И., Егоров И.А. Комбикорма, корма, кормовые добавки, биологически активные вещества, рационы, качество, безопасность: монография. Минск; Москва, 2020. 468 с.
12. Фисинин В. Мировые и российские тренды развития птицеводства // Животноводство России. Тематический выпуск. 2018. № 4. С. 1–4.

## REFERENCES

1. Fisinin V.I. *World and Russian Poultry Production: Realities and Challenges of the Future*. Moscow, Khlebproinform Publ., 2019. 470 p. (In Russian).
2. Karapetyan A.K. The use of non-traditional feeds, different formulations of premixes and BVMC in the production of broiler meat. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo = Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*, 2022, no. 10, pp. 37–54. (In Russian). DOI: 10.33920/sel-05-2210-04.
3. Fisinin V.I., Egorov I.A., Laptev G.Yu., Lenkova T.N., Nikonov I.N., Il'ina L.A., Manukyan V.A., Grozina A.A., Egorova T.A., Novikova N.I., Ilydyrym E.A. Antibiotic-free poultry production based on innovative nutritional programs with the involvement of probiotics. *Voprosy kormleniya = Problems of Nutrition*, 2017, vol. 86 (6), pp. 114–124. (In Russian). DOI: 10.24411/0042-8833-2017-00013.
4. Scriabin V.A., Saboiev I.A., Tabanyukhov K.A. By-products of milling and corn production as a source of protein of increased biological value. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost' = Innovations and Food Safety*, 2019, no. 3 (25), pp. 105–111. (In Russian). DOI: 10.31677/2311-0651-2019-25-3-105-111.
5. Tsoi Z.V., Adushinov D.S. Feed additive from marine fishing waste in compound feed for laying hens under the conditions of the Primorsky Territory. *Kormlenie sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo = Feeding of Agricultural Animals and Feed Production*, 2022, no. 12, pp. 20–32. (In Russian). DOI: 10.33920/sel-05-2212-03.
6. Tsoi Z.V., Vasilyeva N.V. Influence of non-traditional feed additives on egg productivity of laying hens in the conditions of Primorsky Krai. *Vestnik IrGSKhA = Vestnik IrGSHA*, 2020, is. 98, pp. 145–153. (In Russian). DOI: 10.51215/1999-3765-2020-98-145-153.
7. Tsoi Z.V., Vasilyeva N.V. Influence of non-conventional fodder additives of plant and marine origin on egg productivity of laying hens. *Vestnik IrGSHA = Vestnik IrGSHA*, 2020, is. 101, pp. 135–143. (In Russian). DOI: 10.51215/1999-3765-2020-101-135-143.
8. Rogachev V.A., Merzlyakova O.G., Lukyanchikova N.L., Mager S.N. Protein-vitamin flour from wheat bran enriched with phytase in the diet of quails. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 2, pp. 46–54. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-2-6.
9. Fisinin V.I., Ismailova D.Yu., Volik V.G. Deep processing of collagen-rich poultry products for different use. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2017, vol. 52, no. 6, pp. 1105–1115. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus.
10. Tsoi Z.V., Vasilyeva N.V. Effects of non-conventional feed additives on egg efficiency of laying hens. *Vestnik KrasGAU = Bulletin of KrasGAU*, 2021, no. 2, pp. 118–122. (In Russian). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-118-122.
11. Ponomarenko Yu.A., Fisinin V.I., Egorov I.A. *Feed, fodder, feed additives, biologically active substances, rations, quality, safety*. Minsk; Moscow, 2020, 468 p. (In Russian).
12. Fisinin V. Global and Russian trends in poultry farming development. *Zhivotnovodstvo Rossii = Livestock in Russia*, 2018, no. 4, pp. 1–4. (In Russian).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Реймер В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

✉ **Князев С.П.**, кандидат биологических наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: knyser@rambler.ru

**Ковалев Г.В.**, магистрант

## AUTHOR INFORMATION

**Vyacheslav A. Reymer**, Doctor of Science in Agriculture, Professor

✉ **Sergey P. Knyazev**, Candidate of Science in Biology, Associate Professor; **address:** 160, Dobrolubova St., Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: knyser@rambler.ru

**Georgy V. Kovalev**, Master's Degree Student

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.01.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 31.03.2023  
Дата публикации / Published 20.06.2023

## НОЗОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

✉ Петров П.Л.<sup>1</sup>, Смолянинов Ю.И.<sup>2</sup>, Протождяконова Г.П.<sup>3</sup>, Юшкова Л.Я.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Департамент ветеринарии Республики Саха (Якутия)

Республика Саха (Якутия), Россия

<sup>2,4</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

<sup>3</sup> Арктический государственный агротехнологический университет

Республика Саха (Якутия), Россия

✉ e-mail: mr.lukich2010@yandex.ru

Представлены результаты классификации инфекционных болезней сельскохозяйственных животных, распространенных на территории Республики Саха (Якутия) за период 2001–2021 гг. Установлено, что на территории Якутии в эпизоотическом процессе участвовало 42 нозологические единицы болезней животных. Инфекции крупного рогатого скота вызывают 18 видов возбудителей, лошадей – 12, северных домашних оленей – 4, свиней – 10, птиц – 11, мелкого рогатого скота – 3, пушных зверей – 7, прочих видов животных – 9. По классификации МЭБ, в Якутии распространено 10 нозоформ болезней – бешенство, бруцеллез, вирусная геморрагическая септицемия, инфекционная анемия лошадей, инфекционный бронхит кур, инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота, паратуберкулез, пастереллез и туберкулез. Зарегистрированы болезни, не отраженные в списке МЭБ, в том числе болезнь Марека, дизентерия свиней, колибактериоз, парвовирусный энтерит, сальмонеллез, рожа свиней, эмфизематозный карбункул. Ряд нозоформ, распространенных в Якутии, относится к особо опасным болезням, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин). К ним относятся актиномикоз, бешенство, бруцеллез, инфекционная анемия лошадей, инфекционный бронхит кур, инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота, лейкоз крупного рогатого скота, лептоспироз, паратуберкулез, рожа свиней, туберкулез и чума плотоядных. Ряду болезней (болезнь Марека, инфекционный гепатит плотоядных, лейкоз крупного рогатого скота, мыт лошадей, орнитоз птиц, синдром снижения яйценоскости, рожа свиней и эмфизематозный карбункул) свойствен только один вид животных. Многим инфекциям присуща персистенция возбудителя в организме разных видов сельскохозяйственных и мелких домашних животных, птиц и представителей дикой фауны, что определяет межвидовую степень эпизоотической опасности этих инфекций. В Якутии преобладают инфекции бактериальной этиологии (бактериозы) – 21 нозоформа. Вирусные болезни (виروзы) представлены 15 нозоформами, микоплазмозы и хламидиозы – по одной. Наиболее многочисленны инфекции с основным алиментарным, или фекально-оральным, способом (22 болезни). С передачей возбудителя воздушно-капельным или респираторным путем (основной) отнесены 10 инфекций, в том числе инфекционный атрофический ринит, инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота, чума плотоядных. Трансмиссивную передачу возбудителя (с помощью переносчиков) характеризуют актиномикоз и инфекционная анемия лошадей; через наружные покровы (без участия переносчиков) – 5 болезней, в том числе баланопостит и бешенство. Для большинства всех инфекций, наряду с основным механизмом передачи возбудителя, характерны один и более дополнительных (бешенство, болезнь Марека, лейкоз крупного рогатого скота, рожа свиней и др.). По источнику возбудителя для всех болезней (ктенонозы) ими являются домашние животные, однако при таких инфекциях, как бешенство, болезнь Марека, вирусная геморрагическая септицемия, лептоспироз и другие, наряду с домашними дополнительным источником являются дикие животные (ктенотериозы). По восприимчивости большинство инфекций (30) относятся к зоонозам, свойственным только животным, остальные 12 – к более опасным зооантропонозам, общим для животных и человека.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные животные, нозологическая форма болезни, классификация

## NOSOLOGICAL PROFILE AND CLASSIFICATION OF INFECTIOUS DISEASES OF FARM ANIMALS IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

(✉) Petrov P.L.<sup>1</sup>, Smolyaninov Yu.I.<sup>2</sup>, Protodyakonova G.P.<sup>3</sup>, Yushkova L. Ya<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>*Department of Veterinary Medicine of the Republic of Sakha (Yakutia)*

Republic of Sakha (Yakutia), Russia

<sup>2,4</sup>*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

<sup>3</sup>*Arctic State Agrotechnological University*

Republic of Sakha (Yakutia), Russia

(✉) e-mail: mr.lukich2010@yandex.ru

The results of the classification of infectious diseases of farm animals spread on the territory of the Republic of Sakha (Yakutia) for the period 2001-2021 are presented. It was found that there were 42 nosological units of animal diseases involved in the epizootic process on the territory of Yakutia. Infections in cattle are caused by 18 types of pathogens, horses - 12, reindeer - 4, pigs - 10, birds - 11, small ruminants - 3, fur-bearing animals - 7, other types of animals - 9. According to the OIE classification, 10 nosoforms of diseases are common in Yakutia: rabies, brucellosis, viral hemorrhagic septicemia, equine infectious anemia, avian infectious bronchitis, infectious bovine rhinotracheitis, paratuberculosis, pasteurellosis and tuberculosis. Diseases not on the OIE list, including Marek's disease, swine dysentery, colibacillosis, parvoviral enteritis, salmonellosis, diamond-skin disease, blackleg were registered. A number of nosoforms common in Yakutia belong to particularly dangerous diseases for which restrictive measures (quarantine) may be imposed. These include actinomycosis, rabies, brucellosis, infectious equine anemia, avian infectious bronchitis, infectious bovine rhinotracheitis, bovine leukosis, leptospirosis, paratuberculosis, diamond-skin disease, tuberculosis and canine distemper virus. A number of diseases (Marek's disease, carnivorous infectious hepatitis, bovine leukosis, horse strangles, avian ornithosis, egg drop syndrome, diamond-skin disease, and blackleg) are peculiar to only one species of animals. Many infections are characterized by the persistence of the pathogen in different species of farm and small domestic animals, birds and wildlife, which determines the interspecies degree of epizootic danger of these infections. Infections of bacterial etiology (bacterioses) prevail in Yakutia with 21 nosoforms. Viral diseases (viroses) are represented by 15 nosoforms, mycoplasmosis and chlamydia - one each. The most numerous infections are those with the main alimentary, or fecal-oral, route (22 diseases). Ten infections, including infectious atrophic rhinitis, infectious bovine rhinotracheitis, distemper, are classified as airborne or respiratory (major) pathogen transmission. Transmissible carry-over (by vectors) is characterized by actinomycosis and infectious equine anemia; through the outer covers (without the participation of vectors) - 5 diseases, including balanoposthitis and rabies. The majority of the infections are characterized by one or more additional mechanisms of transmission (rabies, Marek's disease, bovine leukemia, diamond-skin disease, etc.) in addition to the main mechanism of transmission of the pathogen. According to the source of the causative agent for all diseases (ktenonoses) they are domestic animals, but for such infections as rabies, Marek's disease, viral hemorrhagic septicemia, leptospirosis and others, along with domestic animals, wild animals are an additional source (ktenotherionoses). In terms of susceptibility, most infections (30) belong to zoonoses peculiar only to animals; the remaining 12 belong to the more dangerous zoonotherionoses common to animals and humans.

**Keywords:** farm animals, nosological form of the disease, classification

**Для цитирования:** Петров П.Л., Смолянинов Ю.И., Протоद्याконова Г.П., Юшкова Л.Я. Нозологический профиль и классификация инфекционных болезней сельскохозяйственных животных на территории Республики Саха (Якутия) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2023. Т. 53. № 5. С. 70–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-9>

**For citation:** Petrov P.L., Smolyaninov Yu.I., Protodyakonova G.P., Yushkova L. Ya. Nosological profile and classification of infectious diseases of farm animals in the territory of the Republic of Sakha (Yakutia). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*=Siberian Herald of Agricultural Science, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 70–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-9>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Исследования проведены в соответствии с реализацией проекта «Стратегия развития государственной ветеринарной службы в Республике Саха (Якутия) до 2030 года» (Утверждены центром стратегических исследований при главе Республики Саха (Якутия), приказ от 15 февраля 2021 г. № 20/1-ОД).

#### Acknowledgements

The research was conducted in accordance with the project “Strategy for the Development of the State Veterinary Service in the Republic of Sakha (Yakutia) until 2030” (Approved by the Center for Strategic Studies under the Head of the Sakha (Yakutia), order of February 15, 2021 № 20/1-OD).

## ВВЕДЕНИЕ

Для достижения устойчивого развития агропромышленного комплекса Республики Саха (Якутия) важнейшим условием является реализация мероприятий по предупреждению и ликвидации инфекционных болезней сельскохозяйственных животных, повышение экономической эффективности противоэпизоотических мероприятий, обеспечение эпизоотического благополучия республики и продовольственной безопасности.

Классификация инфекционных болезней животных с целью объединить их в группы на основе какого-либо общего значимого признака актуальна в эпизоотологии. Это необходимо для того, чтобы найти общие для этих групп эпизоотологические особенности с однородной характеристикой, способствующие оптимизации диагностики, профилактики, выяснения причин возникновения и распространения инфекций, и на основе этого разработать основные направления противоэпизоотических мероприятий [1].

Особую актуальность приобретают такие исследования при изучении краевой эпизоотологии, учитывающей климатические и географические особенности региона, видового состава отраслей животноводства и нозологический профиль инфекционных болезней.

ней.

По территории Якутии с ее экстремальными природно-климатическими условиями ведения животноводства исследована эпизоотическая характеристика особенностей проявления эпизоотических процессов при некоторых инфекционных болезнях сельскохозяйственных животных, в том числе при бруцеллезе северных оленей [2–5], болезнях крупного рогатого скота [6], сибирской язве [7], мыте лошадей<sup>1</sup> [8].

По ряду регионов России проведены исследования по классификации болезней инфекционной этиологии, в том числе республикам Тыва<sup>2</sup>, Бурятия<sup>3</sup>, Алтайскому краю<sup>4</sup>, Омской области<sup>5</sup>. Выявлены важные краевые и популяционные особенности эпизоотических процессов, на основе которых рекомендованы мероприятия по оптимизации противоэпизоотических мероприятий.

Цель исследований – изучить нозологический профиль и дать классификацию распространенных на территории Республики Саха (Якутия) инфекционных болезней сельскохозяйственных животных.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены с использованием официальной ветеринарной статистики

<sup>1</sup>Неустроев М.П., Петрова С.Г., Ельбядова Е.И., Тарабукина Н.П. Лабораторные испытания вакцины против мыта // Перспективы развития аграрных наук: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (10 апреля 2020 г.). Чебоксары, 2020. С. 129–130.

<sup>2</sup>Лопсан Ч.О. Анализ болезней инфекционной патологии сельскохозяйственных животных в Республике Тыва // Методология мероприятий по профилактике и ликвидации болезней сельскохозяйственных животных. Новосибирск, 1995. С. 289–291.

<sup>3</sup>Муруева Г.Б. Анализ эпизоотической ситуации Республики Бурятия. Современные проблемы эпизоотологии. Новосибирск, 2004. С. 161–165.

<sup>4</sup>Гуславский И.И., Апалькин В.А., Густокашин К.А. Краевая эпизоотология инфекционных болезней, основы прогнозирования, профилактики и борьбы с ними. Барнаул: Издательство АлтГАУ. 2004. 148 с.

<sup>5</sup>Васина Н.И. Эпизоотологическая классификация инфекционных болезней на территории Омской области // Молодые ученые – сельскому хозяйству Сибири: материалы конф. Барнаул, 2010. С. 162–170.



Департамента ветеринарии Республики Саха (Якутия). Сводные данные за 2001–2021 гг. формировали по форме 1-вет «Сведения о различных болезнях» и 1-вет А «Сведения о противоэпизоотических мероприятиях».

Нозологический профиль определяли по регистрации случаев возникновения инфекционных болезней всех видов сельскохозяйственных животных в структуре животноводства АПК региона (крупный рогатый скот, лошади, северные домашние олени, свиньи, птицы, мелкий рогатый скот, пушные звери, прочие виды).

Номенклатуру и классификацию инфекционных болезней животных, зарегистрированных в регионе, устанавливали с учетом списка Международного эпизоотического бюро (МЭБ)<sup>6</sup>. Отношение инфекционных болезней животных к особо опасным, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин), определяли исходя из перечня, утвержденного приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации<sup>7</sup>.

Эпизоотологическую классификацию болезней проводили по схеме, разработанной И.А. Бакуловым с соавт.<sup>8</sup>, которая базируется на трех основных принципах:

- соответствие локализации возбудителя инфекции и механизма его передачи;
- разделение болезней по источнику возбудителя инфекции: ктенонозы (источником возбудителя являются исключительно домашние сельскохозяйственные животные), терионозы (источник возбудителя – только дикие животные) и ктенотерионозы (источником возбудителя могут быть как домашние, так и дикие животные);
- распределение болезней по категориям возбудителей инфекций (бактериозы, вирусозы, микоплазмозы, риккетсиозы, хламидиозы, микозы, микотоксикозы).

Данная классификация имеет четко выраженную эпизоотологическую направлен-

ность, что позволяет ее практическое использование в системе противоэпизоотических мероприятий – при разработке эффективных мер диагностики, профилактики и ликвидации инфекционных болезней сельскохозяйственных животных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что за анализируемый период (2001–2021 гг.) на территории Республики Саха (Якутия) в эпизоотическом процессе участвовало 42 нозологические единицы болезней разных видов животных (см. таблицу).

Распределение болезней по видам животных показало, что в организме крупного рогатого скота в эпизоотических процессах участвуют 18 видов возбудителей различной этиологии, лошадей – 12, северных одомашненных оленей – 4, свиней – 10, птиц – 11, мелкого рогатого скота – 3, пушных зверей – 7, прочих видов животных (собаки, кошки и др.) – 9.

С учетом номенклатуры и классификации МЭБ на территории Якутии за анализируемый период распространено 10 нозологических форм болезней животных, таких как бешенство, бруцеллез, вирусная геморрагическая септицемия, инфекционная анемия лошадей, инфекционный бронхит кур, инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота, паратуберкулез, пастереллез и туберкулез. Вместе с тем на территории региона зарегистрированы многие другие инфекционные болезни, не отраженные в списке МЭБ, в том числе болезнь Марека, дизентерия свиней, диплококковая инфекция, колибактериоз, парвовирусный энтерит, сальмонеллез, рожа свиней, эмфизематозный карбункул и др.

Трансграничных инфекционных болезней животных, имеющих исключительное значение для экономики, торговли, здравоохранения и продовольственной безопасности, обозначенных в списке МЭБ, на территории Республики Саха (Якутия) за анализируемый период не зарегистрировано.

<sup>6</sup>Список МЭБ и трансграничные инфекции животных: монография / В.В. Макаров, В.А. Грубый, К.Н. Груздев, О.И. Сухарев. Владимир: ВНИИЗЖ, 2012. 162 с.

<sup>7</sup>Перечень заразных, в том числе особо опасных болезней животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин). Приложение к приказу Минсельхоза РФ от 19 декабря 2011 г. № 476.

<sup>8</sup>Бакулов И.А., Юрков Г.Г., Ведерников В.А., Орлов Ф.М. Эпизоотологический словарь-справочник. М.: Россельхозиздат, 1987. 188 с.

Нозологический профиль и классификация инфекционных болезней животных, регистрируемых на территории Республики Саха (Якутия)  
Nosological profile and classification of infectious diseases of farm animals in the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)

| Инфекционная болезнь                | Крупный рогатый скот | Лошадь | Олень | Свины | Птицы | Мелкий рогатый скот | Пушные звери | Прочие виды | Классификация МЭБ | Особо опасные (карантинные) | Эпизоотологическая классификация |                                           |                    |                 |
|-------------------------------------|----------------------|--------|-------|-------|-------|---------------------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|-----------------|
|                                     |                      |        |       |       |       |                     |              |             |                   |                             | Природа возбудителя              | Основной (дополнительный) способ передачи | Природа (животные) | Восприимчивость |
| Аденовирусная инфекция              | -                    | -      | -     | -     | +     | -                   | +            | -           | -                 | -                           | В                                | Р                                         | Д                  | З               |
| Актиномикоз                         | +                    | -      | -     | -     | -     | -                   | -            | -           | -                 | +                           | М                                | Т                                         | Д                  | З               |
| Баланопостит                        | +                    | -      | -     | -     | -     | -                   | -            | -           | -                 | -                           | Б                                | Н                                         | Д                  | З               |
| Бешенство                           | -                    | +      | +     | -     | -     | -                   | -            | +           | +                 | +                           | В                                | Н(Р)                                      | ДД                 | ЗА              |
| Болезнь Марека                      | -                    | -      | -     | -     | +     | -                   | -            | -           | н                 | -                           | В                                | Р(О)                                      | ДД                 | З               |
| Бруцеллез ( <i>br. melitensis</i> ) | -                    | -      | +     | -     | -     | -                   | -            | -           | +                 | +                           | Б                                | А(Н)                                      | Д                  | ЗА              |
| Бруцеллез ( <i>br. canis</i> )      | -                    | -      | -     | -     | -     | -                   | -            | +           | +                 | +                           | Б                                | А(Н)                                      | Д                  | З               |
| Вирусная диарея                     | -                    | -      | +     | -     | -     | -                   | -            | -           | -                 | -                           | В                                | А                                         | Д                  | ЗА              |
| Вирусная геморрагическая септицемия | -                    | -      | -     | -     | -     | -                   | -            | +           | +                 | -                           | В                                | Р(А)                                      | ДД                 | З               |
| Вирусный энтерит                    | -                    | -      | -     | -     | -     | -                   | +            | -           | -                 | -                           | В                                | А                                         | Д                  | З               |
| Дизентерия свиней                   | -                    | -      | -     | +     | -     | -                   | -            | -           | н                 | -                           | Б                                | А                                         | Д                  | З               |
| Диплококковая инфекция              | +                    | -      | -     | -     | -     | -                   | -            | -           | н                 | -                           | Б                                | А(Р)                                      | Д                  | З               |
| Инфекционная анемия лошадей         | -                    | +      | -     | -     | -     | -                   | -            | -           | +                 | +                           | В                                | Т(А)                                      | Д                  | З               |
| Инфекционный атрофический ринит     | -                    | -      | -     | +     | -     | -                   | -            | -           | -                 | -                           | Б                                | Р                                         | Д                  | З               |
| Инфекционный бронхит кур            | -                    | -      | -     | -     | +     | -                   | -            | -           | +                 | +                           | В                                | А(Р)                                      | Д                  | З               |
| Инфекционный гепатит плотоядных     | -                    | -      | -     | -     | -     | -                   | +            | -           | -                 | -                           | В                                | Н(А,У)                                    | ДД                 | З               |
| Инфекционный ринотрахеит КРС        | +                    | -      | -     | -     | -     | -                   | -            | -           | +                 | +                           | В                                | Р                                         | Д                  | З               |
| Колибактериоз                       | +                    | -      | -     | +     | +     | +                   | +            | +           | н                 | -                           | Б                                | А                                         | Д                  | З               |
| Лейкоз КРС                          | +                    | -      | -     | -     | -     | -                   | -            | -           | -                 | +                           | В                                | А (РТН)                                   | Д                  | З               |
| Лептоспироз                         | +                    | +      | -     | +     | -     | +                   | +            | +           | н                 | +                           | Б                                | А(Н)                                      | ДД                 | ЗА              |
| Листерия                            | -                    | -      | -     | -     | +     | -                   | -            | -           | -                 | -                           | Б                                | А(Т)                                      | ДД                 | ЗА              |

Зоотехния и ветеринария

Согласно приказу Минсельхоза РФ, ряд нозологических форм, распространенных на территории Якутии, относится к болезням животных, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин), включая актиномикоз, бешенство, бруцеллез, инфекционную анемию лошадей, инфекционный бронхит кур, инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота, лейкоз крупного рогатого скота, лептоспироз, паратуберкулез, рожа свиней, туберкулез и чуму плотоядных.

Природно-очаговые инфекционные болезни, передающиеся от животных человеку, основным источником которых являются дикие, сельскохозяйственные и домашние животные, а также грызуны, на территории Якутии представлены девятью нозологическими формами, в том числе бешенством, лептоспирозом, листериозом и др.

Ряду болезней свойствен только один определенный вид животных и в эпизоотическом процессе участвует только этот вид. Из анализируемого номенклатурного списка болезней, распространенных на территории Якутии, к ним относятся болезнь Марека, инфекционный гепатит плотоядных, лейкоз крупного рогатого скота, мыт лошадей, орнитоз (пситтакоз) птиц, синдром снижения яйценоскости, рожа свиней и эмфизематозный карбункул.

Многим болезням присуща персистенция возбудителя в организме разных видов сельскохозяйственных животных и птиц, мелких домашних животных и представителей дикой фауны, что определяет межвидовую степень эпизоотической опасности этих инфекций.

Анализ показал, что с вовлечением в эпизоотический процесс нескольких видов животных в регионе зарегистрированы следующие болезни:

- аденовирусная инфекция (птицы, пушные звери);
- бешенство (лошади, северные олени, прочие виды) и некробактериоз (крупный рогатый скот, северные олени, прочие виды). В свою очередь, при бешенстве в биоматериале от диких животных рабический вирус обнаружен у красных лисиц, волков, колонков, горностаев и соболей.

– пастереллез (крупный рогатый скот, лошади, свиньи, птицы, пушные звери) и сальмонеллез (крупный рогатый скот, лошади, свиньи, птицы, пушные звери);

– колибактериоз (крупный рогатый скот, свиньи, птицы, мелкий рогатый скот, пушные звери, прочие виды) и лептоспироз (крупный рогатый скот, лошади, свиньи, мелкий рогатый скот, пушные звери, прочие виды). Зарегистрирован уникальный случай изоляции возбудителя лептоспироза из биоматериала лесных бизонов в Хангаласском районе Якутии.

По эпизоотологической классификации установлено, что по показателю природы возбудителей болезней, персистирующих в организме животных и внешней среде, на территории Якутии преобладают инфекции, вызываемые возбудителями бактериальной этиологии – бактериозы. К ним относится 21 нозологическая форма, или 50% всех инфекционных болезней. Вирусные болезни (виروзы) представлены 15 нозологическими формами (35,7%), один – микоплазмозной (микоплазмозы) и один – хламидиозной (хламидиозы) – по 2,4%.

При анализе болезней по механизму передачи возбудителя наиболее многочисленной оказалась группа инфекций, для которых характерен основной алиментарный, или фекально-оральный, способ передачи. Указанный признак характерен для более половины всех болезней (22, или 52,4%), причем для семи инфекций (вирусная диарея крупного рогатого скота, дизентерия свиней, колибактериоз, псевдомоноз, сальмонеллез, сальмонеллезный аборт кобыл, эмфизематозный карбункул) он является единственным.

К группе болезней с передачей возбудителя воздушно-капельным, или респираторным, путем (основной) отнесены 10, или 23,8%, в том числе инфекционный атрофический ринит, инфекционный ринотрахеит крупного рогатого скота, чума плотоядных и др.

С передачей возбудителя инфекции трансмиссивно (с помощью переносчиков) отнесены две болезни (4,8%) – актиномикоз и инфекционная анемия лошадей.

В группу болезней с передачей возбудителя через наружные покровы (без участия пе-



реносчиков) вошли пять (11,9%), в том числе баланопостит, бешенство и др.

Анализируя инфекционные болезни по механизму передачи возбудителя, следует отметить, что для большинства болезней (22 нозологические единицы, или 52,4%) наряду с основным механизмом передачи возбудителя характерны один и более дополнительных. К ним относятся бешенство, болезнь Марека, лейкоз крупного рогатого скота, рожа свиней и др.

При распределении инфекционных болезней по источнику возбудителя для всех ими являются исключительно домашние животные и болезни относятся к ктенонозам, однако при ряде инфекций, таких как бешенство, болезнь Марека, вирусная геморрагическая септицемия, лептоспироз и другие, наряду с домашними животными дополнительным источником являются и дикие животные (ктенотериозы).

По классификационному признаку восприимчивости большинство инфекций (30) нозологических форм, или 71,4%, относятся к зоонозам – инфекционным болезням, свойственным только животным, остальные 12 – к более опасным зооантропонозам, общим болезням для животных и человека.

## ВЫВОДЫ

1. За 2001–2021 гг. на территории Республики Саха (Якутия) зарегистрированы 42 нозологические единицы инфекционных болезней разных видов животных. При этом в организме крупного рогатого скота в эпизоотическом процессе участвуют 18 видов возбудителей, лошадей – 12, северных домашних оленей – 4, свиней – 10, птиц – 11, мелкого рогатого скота – 3, пушных зверей – 7, прочих видов – 9.

2. По классификации МЭБ, в Якутии распространены 10 нозоформ болезней животных. Трансграничных инфекций не зарегистрировано. К болезням, по которым могут устанавливаться ограничительные мероприятия (карантин), относятся 12 инфекций.

3. По эпизоотологической классификации на территории Якутии преобладают бактериозы (21 болезнь). Вироzy представлены 15

инфекциями, микоплазмозы и хламидиозы – по одному.

4. По механизму передачи возбудителя наиболее многочисленны болезни с алиментарным способом передачи (22 нозоформы). С передачей возбудителя респираторно отнесены 10 болезней, трансмиссивно – 2, через наружные покровы – 5. По источнику возбудителя все болезни относятся к ктенонозам (источник домашние животные), 13 болезней классифицируются как ктенотериозы (дополнительным источником являются дикие животные). По восприимчивости 30 инфекций относятся к зоонозам (свойственны только животным) и 12 – к зооантропонозам, общим для животных и человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров, В.В., Петров А.К., Васильев Д.А. Основы учения об инфекции: монография. М.: Ульяновск, 2018. 160 с.
2. Слепцов Е.С., Винокуров Н.В., Федоров В.И., Григорьев И.И., Захарова О.И. Эпизоотическое состояние по бруцеллезу северных оленей в Республике Саха (Якутия) // Аграрный вестник Урала. 2018. № 8 (175). С. 57–61.
3. Забродин В.А., Лайшев К.А., Гулюкин М.И., Гулюкин А.М., Искадаров М.И., Слепцов Е.С., Винокуров Н.В., Федоров В.И., Бочкарев И.И., Захарова О.И. Бруцеллез оленей и некоторых диких животных на Енисейском Севере: монография. Новосибирск: СибАК, 2018. 290 с.
4. Слепцов Е.С., Искадаров М.И., Винокуров Н.В., Племяшов К.В., Павлова А.И. Анализ материалов эффективности применения вакцинных штаммов и систем профилактики и ликвидации бруцеллеза животных на территории РФ // Ветеринария и кормление. 2020. № 5. С. 45–48. DOI: 10.30917/ATTVK-1814-9588-2020-5-14.
5. Петров П.Л., Протодьяконова Г.П. Влияние агроклиматических условий на заболеваемость бруцеллезом северных оленей в арктических районах Якутии // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 94–102. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-6-11.
6. Обоева Н.А., Тарабукина Н.П., Неустроев М.П., Былгаева А.А., Протодьяконова Г.П. Эпизоотическая ситуация по инфекционным

- болезням крупного рогатого скота в Якутии // Ветеринария и кормление. 2019. № 2. С. 17–19. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-2-6
7. Дягилев Г.Т., Неустроев М.П. Кадастр неблагополучных пунктов по сибирской язве животных в Республике Саха (Якутия) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 5. С. 80–87. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-11.
8. Neustroev M.P., Petrova S.G., Elbyadova E.I., Tarabukina N.P., Alekseev V.A., Popov A.A. Identification of Causative Agent of Horse Strangles in Northern Siberia // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. 2021. Vol. 25. Is. 3. P. 516–527.
- ## REFERENCES
1. Makarov V.V., Petrov A.K., Vasiliev D.A. *Fundamentals of the doctrine of infection (textbook)*. Moscow: Ulyanovsk, 2018, 160 p. (In Russian).
2. Sleptsov E.S., Vinokurov N.V., Fedorov V.I., Grigoriev I.I., Zakharova O.I. Epiizootic condition of brucellosis of northern reindeer in the Republic of Sakha (Yakutia). *Agrarnyi vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*, 2018, no. 8 (175), pp. 57–61. (In Russian).
3. Zabrodin V.A., Laishev K.A., Gulyukin M.I., Gulyukin A.M., Iskandarov M.I., Sleptsov E.S., Vinokurov N.V., Fedorov V.I., Bochkarev I.I., Zakharova O.I. *Brucellosis of deer and some wild animals in the Yenisei North*. Novosibirsk, SibAK Publ., 2018, 290 p. (In Russian).
4. Sleptsov E.S., Iskandarov M.I., Vinokurov N.V., Plemyashov K.V., Pavlova A.I. Analysis of materials on the effectiveness of vaccine strains and systems for the prevention and elimination of animal brucellosis in the Russian Federation. *Veterinariya i kormlenie = Veterinaria i Kormlenie*, 2020, no. 5, pp. 45–48. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2020-5-14.
5. Petrov P.L., Protodyakonova G.P. Effect of agro-climatic conditions on the incidence of brucellosis of reindeer in the arctic regions of Yakutia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 94–102. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-6-11.
6. Oboeva N.A., Tarabukina N.P., Neustroev M.P., Bylgaeva A.A., Protodyakonova G.P. Epizootic situation on infectious diseases of cattle in Yakutia. *Veterinariya i kormlenie = Veterinaria i Kormlenie*, 2019, no. 2, pp. 17–19. (In Russian). DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-2-6.
7. Diaghilev G.T., Neustroev M.P. Cadastre of unfavorable locations for anthrax in animals in the Republic of Sakha (Yakutia). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 5, pp. 80–87. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-5-11.
8. Neustroev M.P., Petrova S.G., Elbyadova E.I., Tarabukina N.P., Alekseev V.A., Popov A.A. Identification of Causative Agent of Horse Strangles in Northern Siberia. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 2021, vol. 25, is. 3, pp. 516–527.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Петров П.Л.**, руководитель Департамента ветеринарии Республики Саха (Якутия), аспирант; **адрес для переписки:** Россия, 677001, Республика Саха (Якутия), Якутск, ул. Курашова, 30/1; e-mail: mr.lukich2010@yandex.ru

**Смолянинов Ю.И.**, доктор ветеринарных наук, профессор

**Протодьяконова Г.П.**, доктор ветеринарных наук, доцент

**Юшкова Л.Я.**, доктор ветеринарных наук, профессор

## 3AUTHOR INFORMATION

✉ **Petr L. Petrov**, Head of the Department of Veterinary Medicine of the Republic of Sakha (Yakutia), Postgraduate Student; **address:** 30/1, Kurashova St., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), 677001, Russia; e-mail: mr.lukich2010@yandex.ru

**Yuri I. Smolyaninov**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor

**Galina P. Protodyakonova**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Assistant Professor

**Lilia Ya. Yushkova**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor

Дата поступления статьи/Received by the editors 13.02.2023  
Дата принятия к публикации/ Accepted for publication 27.04.2023  
Дата публикации/ Published 20.06.2023

## БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БАКТЕРИЦИДНОСТЬ КРОВИ МОЛОДНЯКА ОВЕЦ ЦИГАЙСКОЙ ПОРОДЫ

(✉) Остапчук П.С.<sup>1</sup>, Постникова О.Н.<sup>2</sup>, Зубоченко Д.В.<sup>1</sup>, Усманова Е.Н.<sup>1</sup>,  
Кувда Т.А.<sup>1</sup>, Пихтерева А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма  
Симферополь, Россия

<sup>2</sup>Медицинская академия им. С.И. Георгиевского – структурное подразделение  
Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского  
Симферополь, Россия

(✉) e-mail: [ostapchuk\\_p@niishk.site](mailto:ostapchuk_p@niishk.site)

Представлены результаты изучения показателей биохимии и бактерицидной активности сыворотки крови (БАСК) ремонтного молодняка овец цигайской породы, выращиваемого в условиях Присивашской низменности Крымского полуострова. Образцы крови обработаны в сертифицированных лабораториях организаций Республики Крым в 2020–2022 гг. Параметры сыворотки крови определены на основе 12 проб баранов и 12 проб ярок. Для обработки биохимических показателей использован фотометрический анализатор Vitalab Flexor E, бактерицидной активности сыворотки крови – термостатируемый прибор Multiskan. По результатам исследования у животных зафиксирован нормальный уровень креатинина и мочевины: у баранов  $87,5 \pm 0,7$  и  $6,6 \pm 0,2$  ммоль/л соответственно, у ярок –  $85,5 \pm 1,2$  и  $6,4 \pm 0,4$  ммоль/л. Пониженный уровень глюкозы ( $1,6 \pm 0,1 \dots 1,7 \pm 0,1$  ммоль/л) в сыворотке крови молодняка, вероятно, связан с активным моционом на фоне жаркой погоды. Отмеченное количество ферментов переаминирования обусловило повышение коэффициента Ритиса у баранов до 2,5 ед., у ярок – до 3,8 ед., что свидетельствует о нагрузке на сердечную мышцу животных на фоне длительных прогулок на жаре. Содержание калия у нижних нормальных границ ( $4,3 \pm 0,01 \dots 4,7 \pm 0,1$  ммоль/л) и несколько пониженный уровень фосфора ( $1,3 \pm 0,01 \dots 1,2 \pm 0,01$  ммоль/л) указывают на необходимость дополнительной подкормки растущего молодняка минеральными премиксами в летний период. Средние значения БАСК увеличивались у ярок, достоверно превышая этот показатель в сравнении с баранами на 45,8–26,6 абс.% ( $p \leq 0,001$ ). У баранов наибольшие значения БАСК отмечены в отношении *S. aureus* на 10-й час экспозиции ( $36,82 \pm 2,19\%$ ), в то время как рост *E. coli* подавлялся до уровня  $7,23 \pm 1,34\%$ , что в том числе является фактором, провоцирующим проблемы с пищеварением. У ярок зафиксировано удовлетворительное состояние кожных покровов, что обусловлено высоким уровнем БАСК в отношении *S. aureus* (до  $35,30 \pm 2,64\%$  на 10-й час экспозиции).

**Ключевые слова:** цигайская порода, бараны, ярки, биохимические показатели, бактерицидная активность сыворотки крови

## BIOCHEMICAL PARAMETERS AND BLOOD BACTERICIDAL ACTIVITY OF YOUNG TSIGAI SHEEP

(✉) Ostapchuk P.S.<sup>1</sup>, Postnikova O.N.<sup>2</sup>, Zubochenko D.V.<sup>1</sup>, Usmanova E.N.<sup>1</sup>,  
Kuevda T.A.<sup>1</sup>, Pikhtereva A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Agriculture of Crimea  
Simferopol, Russia

<sup>2</sup>Medical Academy named after S.I. Georgievsky – Structural Division  
of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University  
Simferopol, Russia

(✉) e-mail: [ostapchuk\\_p@niishk.site](mailto:ostapchuk_p@niishk.site)

The results of the study of blood serum biochemistry and bactericidal activity of the herd replacements sheep of the Tsigai breed, grown in the Prisivash lowland of the Crimean Peninsula are presented. Blood samples were processed in certified laboratories of the organizations of the Republic of Crimea in 2020–2022. Blood serum parameters were determined on the basis of 12 samples of rams

and 12 samples of gimmers. A Vitalab Flexor E photometric analyzer was used to process biochemical parameters, a Multiskan thermostatically controlled device was used to process bactericidal activity of blood serum. The animals showed normal creatinine and urea levels:  $87.5 \pm 0.7$  and  $6.6 \pm 0.2$  mmol/l in rams, respectively, and  $85.5 \pm 1.2$  and  $6.4 \pm 0.4$  mmol/l in gimmers. The reduced glucose level ( $1.6 \pm 0.1 \dots 1.7 \pm 0.1$  mmol/l) in the blood serum of young animals is probably related to active exercise in hot weather. The observed amount of transamination enzymes caused an increase in the Ritis coefficient in rams up to 2.5 units, in gimmers up to 3.8 units, which indicates the load on the heart muscle of the animals during long walks in the heat. Potassium content near the lower normal limits ( $4.3 \pm 0.01 \dots 4.7 \pm 0.1$  mmol/l) and slightly reduced phosphorus level ( $1.3 \pm 0.01 \dots 1.2 \pm 0.01$  mmol/l) indicate the need for additional supplementation of growing young animals with mineral premixes in summer period. Average BSBA values increased in gimmers, significantly exceeding this index in comparison with rams by 45.8–26.6 abs.% ( $p \leq 0.001$ ). In rams, the highest BSBA values were observed for *S. aureus* at 10 hours of exposure ( $36.82 \pm 2.19\%$ ), while the growth of *E. coli* was suppressed to  $7.23 \pm 1.34\%$ , which is, among other things, the factor provoking digestive problems. In the gimmers, a satisfactory skin condition was recorded due to the high level of BSBA against *S. aureus* (up to  $35.30 \pm 2.64\%$  at 10 hours of exposure).

**Keywords:** Tsigai breed, rams, gimmers, biochemical parameters, blood serum bactericidal activity

**Для цитирования:** Остапчук П.С., Постникова О.Н., Зубоченко Д.В., Усманова Е.Н., Кувда Т.А., Пихтерева А.В. Биохимические показатели и бактерицидность крови молодняка овец цигайской породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 79–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-10>

**For citation:** Ostapchuk P.S., Postnikova O.N., Zubochenko D.V., Usmanova E.N., Kuevda T.A., Pikhтерева A.V. Biochemical parameters and blood bactericidal activity of young Tsigai sheep. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 79–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-10>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Исследование проведено в рамках НИР (номера государственной регистрации: AAAA-A16-116022610122-2 и FNZW-2022-0011).

#### Acknowledgements

The study was conducted as part of the R&D program (state registration numbers: AAAA-A16-116022610122-2 and FNZW-2022-0011).

## ВВЕДЕНИЕ

Эффективность селекционных процессов в овцеводстве зависит от выявления лучших вариантов и их дальнейшего интенсивного использования в разведении [1]. В этой связи большое внимание уделяется здоровью животных. Установлено, что условия внешней среды оказывают непосредственное влияние на формирование продуктивных признаков овец<sup>1</sup> [2, 3]. Тогда как воздействие референт-

ных значений биохимических показателей крови на состояние организма овец изучено недостаточно<sup>2</sup>.

Биохимические показатели свидетельствуют о состоянии здоровья животных [4], отражают характерные особенности их продуктивности [5], а естественная резистентность является одним из факторов устойчивости внутренней среды организма<sup>3</sup>.

Комплекс факторов естественной резистентности обладает антимикробными свой-

<sup>1</sup>Косилов В.И., Никонова Е.А., Шкилев П.Н. Особенности развития молодняка овец цигайской породы в условиях резко континентального климата Южного Урала // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013. Т. 1. № 6. С. 48–53.

<sup>2</sup>Новгородова И.П., Иолчиев Б.С., Кленовицкий П.М., Прытков Ю.А. Биохимический статус крови ягнят // Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения: материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф. М., 2020. С. 253–256.

<sup>3</sup>Никитенко Е.В., Шумаенко С.Н., Скорых Л.Н., Коваленко Д.В. Влияние лазеропунктуры на естественную резистентность молодняка овец в постнатальном онтогенезе // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 7-1. С. 42–44.



ствами<sup>4</sup>, в том числе препятствует процессу образования биопленок<sup>5</sup>, служащему стартовым механизмом для развития большинства бактериальных инфекций, вызванных условно-патогенными бактериями – например, золотистым стафилококком (*S. aureus*) и кишечной палочкой (*E. coli*)<sup>6</sup>.

Кровь обладает способностью сдерживать рост или вызывать гибель многих видов микроорганизмов<sup>7</sup>: сыворотка крови разрушает матрицу бактериальных биопленок, что является одним из факторов гуморального врожденного иммунитета. Таким образом, бактерицидная активность сыворотки крови (БАСК) выступает как интегральный показатель уровня неспецифической резистентности организма [6], а устойчивость молодняка овец к инфекциям является объективным показателем в оценке и прогнозировании продуктивности животных [7]. Установлено, что у жвачных односторонняя селекция на продуктивность приводит к снижению резистентности [8].

Цель исследования – выявление корреляционных связей биохимических и иммунологических характеристик крови с живой массой ремонтного молодняка овец цигайской породы.

Задачи:

- 1) определение особенностей биохимического состава сыворотки крови ремонтного молодняка овец цигайской породы;
- 2) изучение бактерицидной активности сыворотки крови баранов и ярок в отношении культур *S. aureus* и *E. coli*.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объект исследования – сыворотка крови ремонтного молодняка овец цигайской породы (бараны и ярки) в возрасте 14 мес че-

рез две недели после проведения стрижки. Время и место взятия крови: ООО «Южное крымское овцеводство», Нижнегорский район Республики Крым, I декада июня 2020 г. Содержание молодняка – пастбищно-стойловое. Кормление – в соответствии с физиологическими нормами кормами, имеющимися в наличии. Показатели учета: живая масса, биохимические показатели сыворотки крови, БАСК.

Живую массу измеряли с точностью до 0,5 кг на площадочных механических весах в период бонитировки. Кровь брали из яремной вены в вакуумную пробирку с активатором свертывания в утренние часы перед выгоном на пастбище. Величину биохимических показателей определяли на анализаторе Vitalab Flexor E в клинично-диагностической лаборатории отделения полевых культур Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма: общий белок (г/л), глюкоза (ммоль/л), аланинаминотрансфераза/АлАТ (ед./л), аспартатаминотрансфераза/АсАТ (ед./л), креатинин (мкмоль/л), мочевины (ммоль/л), калий (ммоль/л), фосфор (ммоль/л)<sup>8</sup>.

Бактерицидную активность сыворотки крови определяли в лаборатории кафедры микробиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского с использованием термостатируемого прибора Multiskan. Тест-культурами служили референтные штаммы *S. aureus* ATCC 25923 и *E. coli* ATCC 25922. Из суточных агаровых культур бактерий готовили взвесь плотностью 0,5 ед. мутности по стандарту McFarland. По 0,02 мл сыворотки вносили в 0,180 мл мясо-пептонного бульона (МПБ). В контрольные образцы, содержащие 0,180 мл МПБ, помещали по 0,02 мл изотонического раствора хлорида натрия. Таким образом, сыворотку овец раз-

<sup>4</sup>Chysyma R.B., Fedorov Yu.N., Makarova E.Yu., Kuular G.D. Humoral and cell factors of natural resistance in the animals of local breeds in specific environmental conditions of the Tyva Republic // Agricultural Biology. 2015. Vol. 50. N 6. P. 847–852.

<sup>5</sup>Hall-Stoodley L., Stoodley P. Evolving concepts in biofilm infections // Cell Microbiology. 2009. Vol. 11 (7). P. 1034–1043.

<sup>6</sup>Römling U., Balsalobre C. Biofilm infections, their resilience to therapy and innovative treatment strategies // Journal of Internal Medicine. 2012. Vol. 272 (6). P. 541–561.

<sup>7</sup>Slivinska L.G., Fedorovych N.M. Application chelates microelements in young animals sheep // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2012. Vol. 14. N 3-1 (53). P. 252–257.

<sup>8</sup>Котомцев В.В. Клинико-биохимические показатели крови животных: метод. пособие. Екатеринбург, 2006. 102 с.

водили в пропорции 1:10. В опытные и контрольные образцы вносили по 0,02 мл взвеси соответствующих референтных культур.

Измерения оптической плотности всех образцов проводили в 96-луночном пластиковом планшете при длине волны 540 нм каждый час в течение суток. Изменение скорости роста (оптической плотности) культур бактерий определяли в вариантах с добавлением сыворотки и в контроле через 2, 4, 6, 8 и 10 ч. Бактерицидную активность сыворотки рассчитывали как отношение скорости роста референтных культур в опыте к скорости роста тех же культур за то же время в контроле. Результаты выражали в процентах. Средние значения рассчитывали на основе данных восьми повторений. БАСК в каждом варианте опыта определяли по формуле

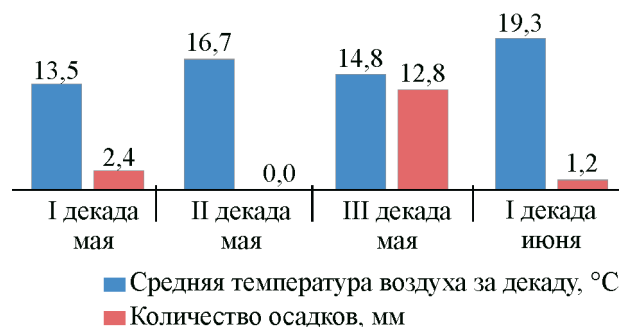
$$\text{БАСК} = 100 - \frac{E_{on_3} - E_{on_0}}{E_{k_3} - E_{k_0}} \times 100,$$

где  $E_{on_0}$  – оптическая плотность исследуемого образца перед инкубацией;  $E_{on_3}$  – оптическая плотность исследуемого образца после 3-часовой инкубации;  $E_{k_0}$  – оптическая плотность контрольного образца перед инкубацией;  $E_{k_3}$  – оптическая плотность контрольного образца после 3-часовой инкубации.

Статистическая обработка результатов проводилась согласно оценке и использованию селекционно-генетических параметров в овцеводстве [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным архива погоды в Нижегородском районе<sup>9</sup>, на момент взятия крови сформировались следующие условия окружающей среды. Средняя температура в I декаду июня составила 19,3 °С при устойчивом дефиците осадков. Дневные температуры в период нахождения животных на пастбище увеличивались постепенно – от 23,1 до 33,3 °С. Дефицит осадков в мае (I декада – 2,4 мм, II – без осадков, III – 12,8 мм), а также в I декаде июня (см. рис. 1) не способствовал формированию на пастбище устойчивого травяного покрова (см. рис. 2).



**Рис. 1.** Климатические условия в мае и I декаде июня 2020 г. в районе расположения хозяйства

**Fig. 1.** Climatic conditions in May and the first ten days of June 2020 in the area of the farm location



**Рис. 2.** Растительность, характерная для пастбищ Присивашской низменности

**Fig. 2.** Vegetation characteristics of the Prisivash lowland pastures

Биохимические показатели крови являются важнейшими составляющими в оценке состояния животных и обусловлены природно-климатическими условиями в регионе, особенностями ведения хозяйства, рационом питания, породным составом [10–12]. В табл. 1 приведены показатели биохимического профиля молодняка цигайской породы, содержащегося в условиях Присивашской низменности Крымского полуострова. У изучаемых особей количество общего белка находилось в норме, что свидетельствует о достаточном уровне белкового обмена. Нормальный уровень креатинина и мочевины отражает хороший почечный обмен, сформировавшийся на фоне оптимальной приспособ-

<sup>9</sup>Архив погоды в Нижегородском районе. URL: [https://rp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Нижегородском](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Нижегородском).

**Табл. 1.** Биохимический профиль и показатели БАСК молодняка овец цигайской породы

**Table 1.** Biochemical profile and BSBA values of the young Tsigai sheep

| Показатель                                               |                             | Единица измерения | Бараны ( $n = 12$ ) |           | Ярки ( $n = 12$ ) |           | Норма [14] |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|------------|
|                                                          |                             |                   | $X \pm m_x$         | $C_v, \%$ | $X \pm m_x$       | $C_v, \%$ |            |
| Общий белок                                              |                             | г/л               | $50,2 \pm 0,5$      | 3,4       | $49,8 \pm 0,5$    | 3,8       | 42–97      |
| Глюкоза                                                  |                             | ммоль/л           | $1,6 \pm 0,1$       | 11,5      | $1,7 \pm 0,1$     | 26,7      | 2,5–3,3    |
| АлАТ                                                     |                             | ед./л             | $55,5 \pm 2,1^*$    | 12,8      | $42,1 \pm 2,8$    | 22,9      | до 44      |
| АсАТ                                                     |                             | ед./л             | $139,6 \pm 3,0$     | 7,4       | $159,2 \pm 5,9^*$ | 12,8      | до 124     |
| Креатинин                                                |                             | мкмоль/л          | $87,5 \pm 0,7$      | 2,6       | $85,5 \pm 1,2$    | 4,7       | 53–120     |
| Мочевина                                                 |                             | ммоль/л           | $6,6 \pm 0,2$       | 12,4      | $6,4 \pm 0,4$     | 19,3      | 3,3–9,0    |
| Калий                                                    |                             | ммоль/л           | $4,3 \pm 0,0$       | 2,0       | $4,7 \pm 0,1^*$   | 4,3       | 4,3–6,3    |
| Фосфор                                                   |                             | ммоль/л           | $1,3 \pm 0,0$       | 6,4       | $1,2 \pm 0,0$     | 10,7      | 1,45–1,66  |
| Живая масса                                              |                             | кг                | $56,9 \pm 1,1^*$    | 6,5       | $44,2 \pm 0,9$    | 6,9       | –          |
| Среднее значение БАСК по группе в отношении тест-культур | <i>S. aureus</i> ATCC 25923 | %                 | $25,9 \pm 1,7$      | 22,5      | $37,7 \pm 1,8^*$  | 16,1      | –          |
|                                                          | <i>E. coli</i> ATCC 25922   | %                 | $20,1 \pm 1,6$      | 27,6      | $25,5 \pm 0,4^*$  | 5,3       | –          |

\* $p \leq 0,001$ .

собленности животных к условиям внешней среды.

Гипогликемия, вероятно, связана с повышенными физическими нагрузками овец, которые в июне, как правило, находятся весь день на пастбище, и с установившейся в тот период жаркой погодой (при этом разница между изучаемыми группами молодняка недостоверная). Повышенный на 14,1% уровень фермента АсАТ ( $p \leq 0,001$ ) у ярок дополнительно свидетельствует о некоторой связи аспартата с нервной тканью, которая обогащается глюкозой, в то время как состояние печени, вероятно, находится в норме при нормальном уровне АлАТ, который у баранов достоверно выше на 24,2% ( $p \leq 0,001$ ). Высокий уровень коэффициента Ритиса у ремонтного молодняка цигайской породы в целом (у баранов – 2,5, ярок – 3,8) свидетельствует о существенной нагрузке на сердечную мышцу животных на фоне длительных передвижений во время пастбы в условиях повышенного температурного режима.

В начале лета 2020 г. на пастбищах сформировался весьма скудный растительный покров, что, вероятно, и повлияло на дефицит поступления минеральных элементов в организм животных. Поэтому в вечернее

время осуществляли подкормку молодняка концентратами, что позволило обеспечить относительную полноценность рациона по основным питательным веществам, о чем свидетельствует нормальный ферментативный фон животных.

Среднее значение БАСК к *S. aureus* у баранов было ниже, чем у ярок, на 45,8 абс.% ( $p \leq 0,001$ ). Аналогичная закономерность сохранялась и по средним значениям БАСК в отношении тест-культуры *E. coli*: разница составляла 26,6 абс.% ( $p \leq 0,001$ ).

Таким образом, на основании более высоких значений данного показателя у ярок можно сделать вывод о влиянии пола животных на бактерицидность сыворотки крови как по золотистому стафилококку, так и по кишечной палочке.

Отраженная в табл. 2 сопряженность показателей биохимии сыворотки крови с живой массой носит в целом недостоверный характер. Однако взаимосвязь живой массы с содержанием калия и фосфора в сыворотке имеет средний отрицательный уровень корреляции, что свидетельствует о необходимости введения дополнительной подкормки растущего молодняка минеральными премиксами в летний период, поскольку поступление ми-

**Табл. 2.** Сопряженность биохимических показателей с живой массой

**Table 2.** Correlation of biochemical indicators with live weight

| Показатель  | Бараны             | Ярки               |
|-------------|--------------------|--------------------|
| Общий белок | $-0,25 \pm 0,31$   | $0,20 \pm 0,31$    |
| Глюкоза     | $0,01 \pm 0,32$    | $-0,22 \pm 0,31$   |
| АлАТ        | $-0,28 \pm 0,30$   | $-0,11 \pm 0,31$   |
| АсАТ        | $-0,48 \pm 0,28$   | $0,37 \pm 0,29$    |
| Креатинин   | $0,48 \pm 0,28$    | $-0,08 \pm 0,32$   |
| Мочевина    | $-0,18 \pm 0,31$   | $0,05 \pm 0,32$    |
| Калий       | $0,14 \pm 0,31$    | $-0,67 \pm 0,23^*$ |
| Фосфор      | $-0,56 \pm 0,26^*$ | $-0,21 \pm 0,31$   |

\* $p \leq 0,05$ .

неральных элементов согласно требуемым нормам – важный фактор работы всего организма [13]. Исходя из данных табл. 2, отмечен достоверный уровень сопряженности живой массы с уровнем фосфора у баранов, у ярок – с уровнем калия. Содержание калия, отвечающего за водно-солевой обмен, в крови животных находилось у нижней границы, количество фосфора в сыворотке крови всех особей было пониженным. Таким образом, при отрицательных корреляционных связях количества этих элементов с живой массой следует усиливать насыщение рациона молодняка минеральными подкормками.

Дефицит минеральных веществ объясняется отчасти сложившимися природно-климатическими условиями. В летний период животные содержатся в условиях активного моциона, проводя большую часть дня на естественных пастбищах, так как территория Присивашской низменности пригодна преимущественно для организации пастбищ такого типа [14].

На рис. 3, а приведены результаты измерения бактерицидной активности сыворотки крови баранов в отношении культуры *S. aureus*. Первые два часа экспозиции БАСК у половины голов варьировала от 15,52% до отрицательных значений:  $-0,09 \dots -8,00\%$ . В среднем этот показатель достигал  $3,86 \pm 2,03\%$ . В дальнейшем наблюдалось постепенное увеличение уровня БАСК: в течение 4-часовой инкубации этот показатель составлял в среднем  $24,38 \pm 2,28\%$ , после 6-часовой ин-

кубации увеличился до  $28,19 \pm 1,33\%$ , на более поздних сроках происходила его стабилизация (после 8 ч роста –  $36,08 \pm 1,84\%$ , после 10 ч –  $36,82 \pm 2,19\%$ ).

Среднее значение БАСК баранов в отношении культуры *E. coli* в первые два часа инкубации составило  $20,11 \pm 1,69\%$  (см. рис. 3, б). Наибольшая бактерицидная активность отмечена после 4 ч роста –  $41,21 \pm 3,25\%$ . Далее происходило постепенное снижение показателя: до  $22,88 \pm 2,51\%$  через 6 ч и до  $9,53 \pm 1,10\%$  через 8 ч. Подавление роста наблюдалось через 10 ч, тогда величина показателя достигла в среднем  $7,23 \pm 1,34\%$ , при этом лишь в одной пробе значение БАСК было отрицательным ( $-8,77\%$ ).

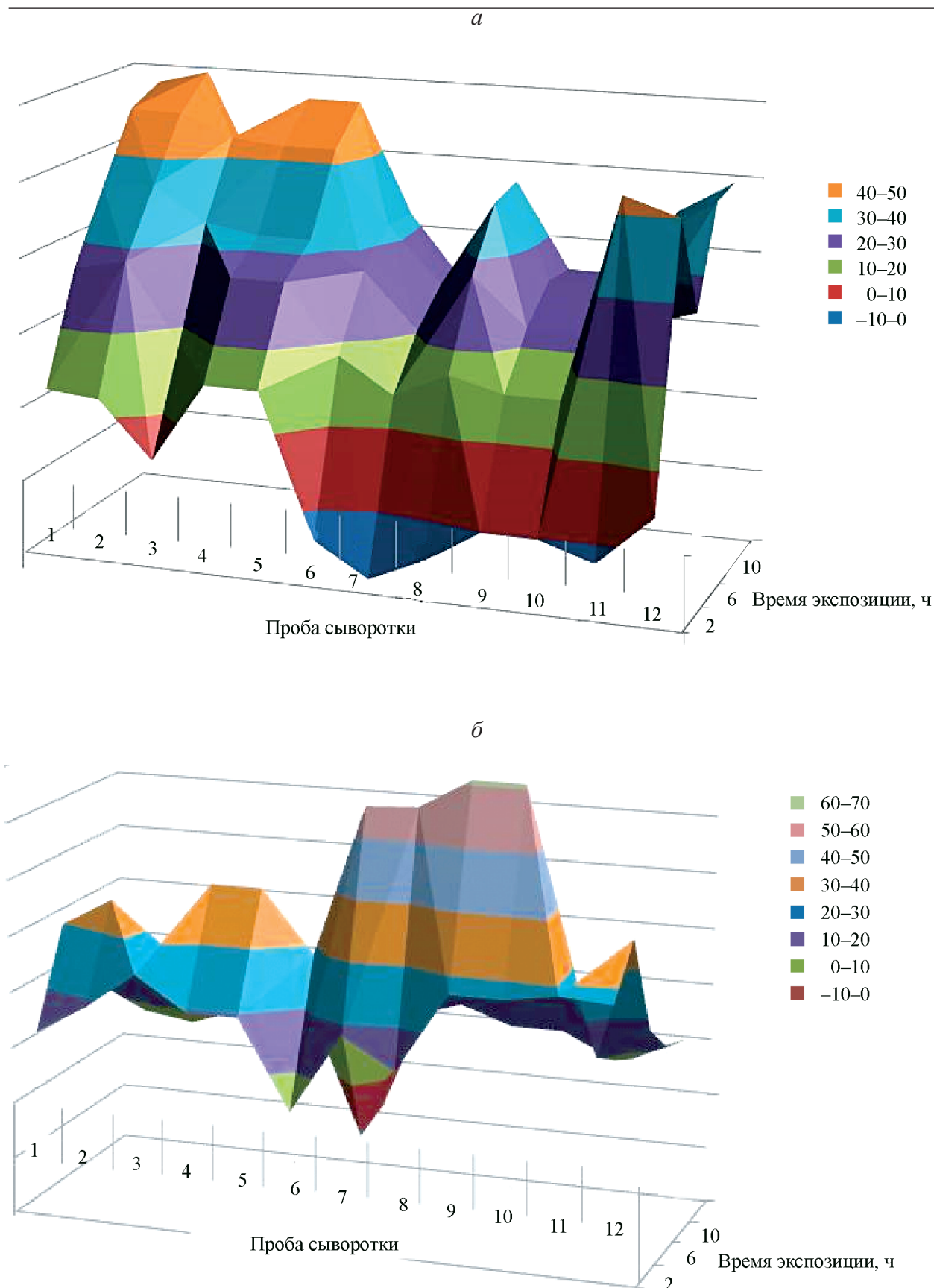
Сыворотка крови ярок цыгайской породы подавляла рост культуры *S. aureus* в течение всех 10 ч инкубации. Среднее значение БАСК через 2 ч роста достигало  $22,31 \pm 3,76\%$ , через 4 ч –  $46,61 \pm 2,12$ , через 6 ч –  $43,57 \pm 2,45$ , через 8 ч –  $40,90 \pm 1,97$ , через 10 ч –  $35,30 \pm 2,64\%$  (см. рис. 4, а).

В отношении *E. coli* у ярок, как и у баранов, наблюдалась тенденция к постепенному снижению БАСК через 6 ч и более роста культур: после 2 ч инкубации показатель составил  $38,67 \pm 1,72\%$ , после 4 ч –  $41,72 \pm 1,57$ , после 6 ч –  $19,43 \pm 0,94$ , через 8 ч –  $15,36 \pm 0,71$ , через 10 ч –  $13,35 \pm 0,73\%$  (см. рис. 4, б).

Таким образом, у баранов цыгайской породы в условиях природных пастбищ Присивашской низменности на территории Крымского полуострова формируется повышенный уровень БАСК в отношении стафилококка и менее выраженная бактерицидность в отношении кишечной палочки, в то время как в сыворотке ярок отмечается бактерицидная активность в отношении обеих изучаемых референтных культур. Высокие показатели БАСК могут способствовать поддержанию колонизационной резистентности микрофлоры кишечника, обеспечивают устойчивость к гнойно-воспалительным инфекциям кожи.

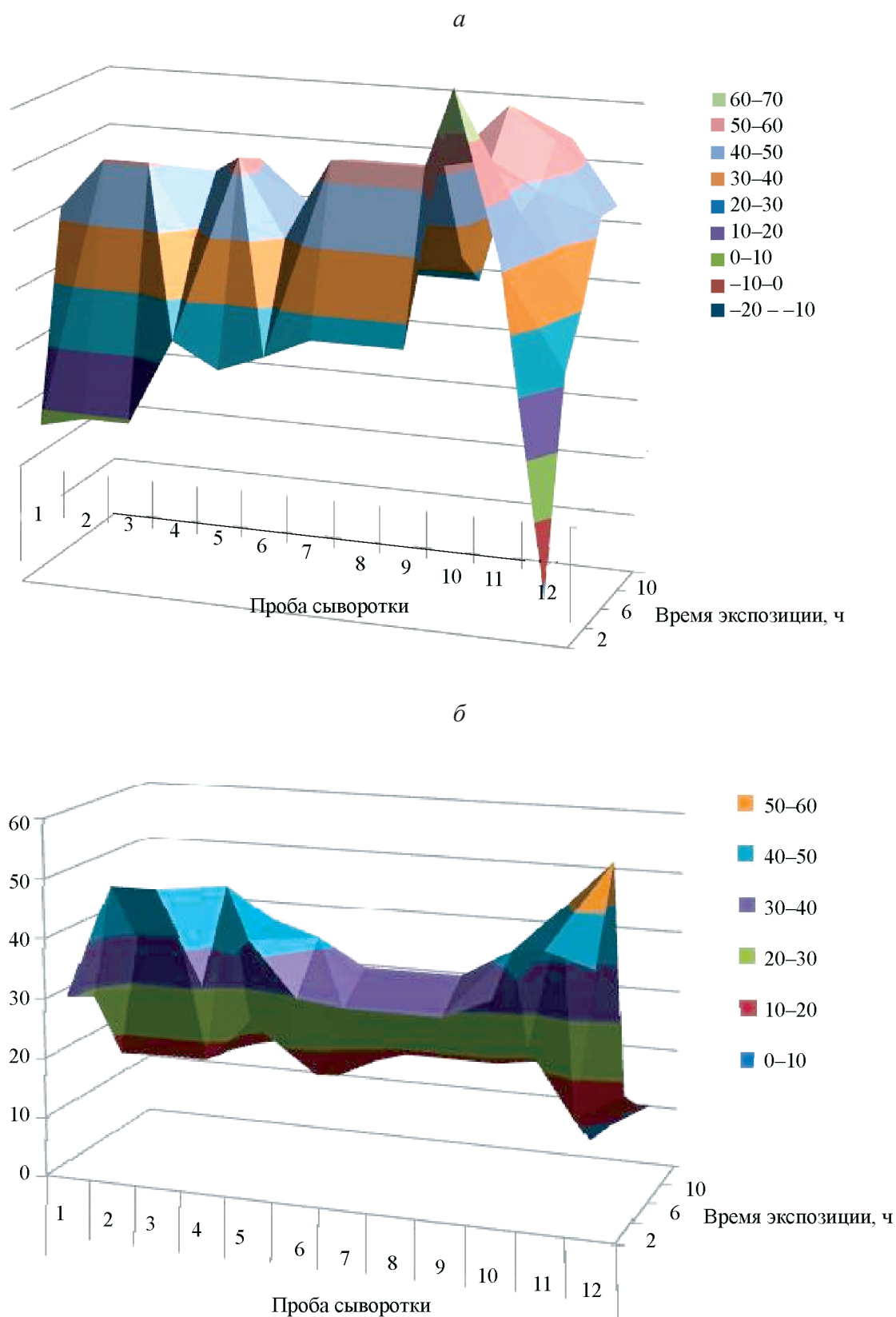
В исследовании наблюдался положительный средний уровень сопряженности живой массы и БАСК у баранов на фоне тест-культуры *S. aureus*, у ярок – на фоне тест-культуры *E. coli* (см. рис. 5).





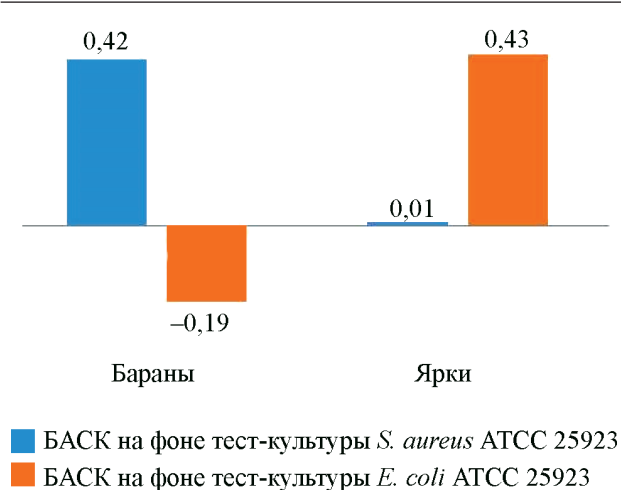
**Рис. 3.** Значение БАСК баранов в отношении культуры *S. aureus* (а) и *E. coli* (б)

**Fig. 3.** Significance of BSBA of rams in relation to *S. aureus* culture (а) and *E. coli* (б)



**Рис. 4.** Значение БАСК ярок в отношении культуры *S. aureus* (а) и *E. coli* (б)

**Fig. 4.** Significance of BSBA of gimmers in relation to *S. aureus* culture (а) and *E. coli* (б)



**Рис. 5.** Сопряженность живой массы животных с показателями БАСК

**Fig. 5.** Correlation of live weight of animals with BSBA indices

Сельскохозяйственные животные по величине БАСК распределяются следующим образом (в порядке убывания): крупный рогатый скот, кролики и овцы. Такая последовательность напрямую связана с содержанием в крови животных двух основных агентов, формирующих врожденный иммунитет, — пропердина и лизоцима. Если по количеству пропердина овцы занимают среднюю позицию между крупным рогатым скотом и кроликами, то по содержанию лизоцима они находятся на последнем месте. При этом необходимо отметить, что у кроликов показатели БАСК выше, чем у овец<sup>10</sup>. Итак, полученные данные подтверждают, что для дальнейшей селекции овец цигайской породы целесообразно оставлять ремонтный молодняк с максимальными значениями БАСК, поскольку условия окружающей среды оказывают немалое влияние на продуктивность данных животных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У ремонтного молодняка овец цигайской породы, выращиваемого в зоне Присивашской низменности Республики Крым, показатели биохимии крови в целом находятся

в пределах нормы. Данный факт свидетельствует о том, что протекающие в их организме метаболические процессы также не превышают нормативных значений. Небольшое повышение уровня ферментов переаминирования свидетельствует о сохранении гомеостаза на фоне достаточно жестких условий окружающей среды. Однако сниженное количество фосфора и нижние границы нормы калия диктуют необходимость корректировки минерального питания молодняка.

Кроме того, установлено, что пол животных оказывает влияние на бактерицидность сыворотки крови в отношении изучаемых тест-культур, увеличивая этот показатель у ярок. У баранов наибольшие значения БАСК зафиксированы в отношении *S. aureus*, в то время как рост *E. coli* подавляется в меньшей степени, что в определенных условиях может привести к проблемам с пищеварением и переработкой пищевого кома в кишечнике. При этом у животных обоих полов было отмечено удовлетворительное состояние кожных покровов, что дополнительно подтверждается высоким уровнем БАСК в отношении золотистого стафилококка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катков К.А., Скорых Л.Н., Ефимова Н.И., Копылов И.А. Использование комплексного показателя продуктивности для оценки генетического потенциала овец разных генотипов // Вестник аграрной науки. 2021. № 5 (92). С. 49–58. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.49.
2. Хамируев Т.Н., Базарон Б.С., Даширмаев С.М. Эколого-физиологические механизмы адаптации молодняка овец в условиях Забайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 3. С. 61–70. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-7.
3. Хамируев Т.Н., Волков И.В., Базарон Б.З. Продуктивные и племенные качества овец агинской породы зугалайского типа // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 3. С. 62–69. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-8.

<sup>10</sup>Малев А.А. Бактерицидная активность сыворотки крови различных видов животных, ее диагностическая значимость: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2009. 23 с.

4. Новгородова И.П., Иолчиев Б.С., Прытков Ю.А. Сравнительная характеристика биохимических показателей крови молодняка овец в зависимости от породы и возраста // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 5. С. 69–72. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10514.
5. Куликова А.Я. Динамика морфологических показателей сыворотки и белкового состава крови полутонкорунных пород ягнят молочного периода выращивания // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2019. Т. 8. № 3. С. 13–18. DOI: 10.34617/1yj2-r139.
6. Gümüş D., Kalaycı-Yüksek F., Uz G., Bilgin M., Anđ-Küçüker M. The Possible Effects of Different Hormones on Growth Rate and Ability of Biofilm Formation in Different Types of Microorganisms // Acta Microbiologica Bulgarica. 2018. Vol. 34. Is. 1. P. 47–51.
7. Агаркова Н.А., Чернобай Е.Н., Ефимова Н.И., Антоненко Т.И., Багамаев Б.М. Клинические, морфологические и биохимические показатели у овец от внутри- и межлинейного подбора // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 7. С. 130–134.
8. Еременко В.И., Стасенкова Ю.В. Показатели естественной резистентности коров, принадлежащих к разным линиям быков // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2018. Т. 4 (70). № 2. С. 65–72.
9. Ефимова Н.И., Шумаенко С.Н., Антоненко Т.И. Оценка и использование селекционно-генетических параметров в овцеводстве: монография. Ставрополь: Ставрополь-сервис-школа, 2020. 100 с.
10. Паитецкая А.В., Остапчук П.С., Ильязов Р.Г., Емельянов С.А., Кувда Т.А. Влияние липосомальной формы антиоксидантов с содержанием органического йода на формирование продуктивных качеств молодняка овец // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 37–39.
11. Погодаев В.А., Арилов Н.А., Сергеева Н.В. Биохимические показатели крови баранчиков породы дорпер в период адаптации к природно-климатическим условиям // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 46. С. 112–116.
12. Чысыма Р.Б. Естественная резистентность организма овец, находящихся в зоне с высоким содержанием природной радиации // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 42-1. С. 74–77.
13. Кузьменкова С.Н., Самсонович В.А., Ятусевич А.И., Мотузко Н.С. Особенности обмена веществ у овец различных пород в осенне-зимний период // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. 2017. Т. 53. № 1. С. 78–81.
14. Хитров Н.Б., Rogovneva Л.В., Паитецкий В.С. Изменение засоленности почв и грунтовых вод рисовых систем Присивашской низменности после прекращения орошения // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. Вып. 102. С. 70–102. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-70-102.

## REFERENCES

1. Katkov K.A., Skorykh L.N., Efimova N.I., Kopylov I.A. Use of the integrated productivity indicator for the assessment of genetic potential of sheep of different genotypes. *Vestnik agrarnoy nauki = Bulletin of agrarian science*, 2021, no. 5 (92), pp. 49–58. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2021.5.49.
2. Khamiruyev T.N., Bazaron B.Z., Dashinimaev S.M. Ecological and physiological mechanisms of adaptation of young sheep in the conditions of Transbaikalia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, no. 52 (3), pp. 61–70. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-7.
3. Khamiruyev T.N., Volkov I.V., Bazaron B.Z. Productive and breeding qualities of the sheep of Aginskaya breed, Zugalai type. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2019, vol. 49, no. 3, pp. 62–69. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2019-3-8.
4. Novgorodova I.P., Iolchiev B.S., Prytkov Yu.A. Comparative characteristics of biochemical parameters of blood of young sheep depending on their breed and age. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 5, pp. 69–72. (In Russian). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10514.
5. Kulikova A.Y. Dynamics of morphological indicators of serum and protein blood composition in semi-fine lambs of the milk period of growing. *Sbornik nauchnih trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootekhnii i veterinarii = Collection of scientific papers of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veteri-*



- nary Medicine, 2019, vol. 8, no. 3, pp. 13–18. (In Russian). DOI: 10.34617/1yj2-r139.
6. Gümüş D., Kalaycı-Yüksek F., Uz G., Bilgin M., Anđ-Küçüker M. The Possible Effects of Different Hormones on Growth Rate and Ability of Biofilm Formation in Different Types of Microorganisms. *Acta Microbiologica Bulgarica*, 2018, vol. 34, is.1, pp. 47–51.
  7. Agarkova N.A., Chernobay E.N., Efimova N.I., Antonenko T.I., Bagamaev B.M. Clinical, morphological and biochemical indicators of sheep from inside and interline selection. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skohozyajstvennoy akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2019, no. 7, pp. 130–134. (In Russian).
  8. Eremenko V.I., Stasenkov Yu.V. Indicators of natural resistance of cows belonging to different lines of the bulls. *Ucheniye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernad'skogo. Biologiya. Himiya = Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 2018, vol. 4 (70), no. 2, pp. 65–72. (In Russian).
  9. Efimova N.I., Chumachenko S.N., Antonenko T.I. *Evaluation and use of breeding and genetic parameters in sheep breeding*, Stavropol, 2020, 100 p. (In Russian).
  10. Pashtetskaia A.V., Ostapchuk P.S., Ilyazov R.G., Yemelyanov S.A., Kuevda T.A. Influence of liposomal form of antioxidants with organic iodine content on the formation of productive qualities of young sheep. *Ovcy, kozy, sherstyaynoye delo = Sheep, goats, wool business*, 2020, no. 1, pp. 37–39. (In Russian).
  11. Pogodaev V.A., Arilov A.N., Sergeeva N.V. Biochemical blood parameters in rams of the breed dorper in the period of adaptation to climatic conditions. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2017, no. 46, pp. 112–116. (In Russian).
  12. Chysyma R.B. Natural resistance of the organism of the sheep in the zone with high content of natural radiation. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya = Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*, 2018, no. 42–1, pp. 74–77. (In Russian).
  13. Kuzmenkova S.N., Samsonovich V.A., Yatusovich A.I., Motuzko N.S. Features of metabolism in sheep of various breeds in the autumn-winter period. *Ucheniye zapiski Vitebskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy medicine = Transactions of the educational establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine*, 2017, vol. 53, no. 1, pp. 78–81. (In Russian).
  14. Khitrov N.B., Rogovneva L.V., Pashtetskiy V.S. Changes of soil salinity and ground waters at the rice systems in Sivash lowland after irrigation cease. *Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin*, 2020, is. 102, pp. 70–102. (In Russian). DOI: 10.19047/0136-1694-2020-102-70-102.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Остапчук П.С.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник;  
**адрес для переписки:** Россия, 295043, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150;  
e-mail: ostapchuk\_p@niishk.site

**Постникова О.Н.**, старший преподаватель

**Зубоченко Д.В.**, кандидат биологических наук, заместитель директора по производству и внедрению инновационных разработок

**Усманова Е.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник

**Кувда Т.А.**, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник

**Пихтерева А.В.**, младший научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Pavel S. Ostapchuk**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 150, Kievskaya St., Simferopol, Republic of Crimea, 295043, Russia; e-mail: ostapchuk\_p@niishk.site

**Olga N. Postnikova**, Senior Lecturer

**Denis V. Zubchenko**, Candidate of Science in Biology, Deputy Director for Production and Implementation of Innovative Developments

**Elena N. Usmanova**, Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor, Senior Researcher

**Tatiana A. Kuevda**, Candidate of Science in Biology, Junior Researcher

**Anna V. Pikhtereva**, Junior Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.12.2022  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 16.03.2023  
Дата публикации / Published 20.06.2023

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДОБАВКА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО ПРЕМИКСА В РАЦИОНЕ ПЕРЕПЕЛОВ

✉Рогачёв В.А.<sup>1</sup>, Мерзлякова О.Г.<sup>1</sup>, Чегодаев В.Г.<sup>1</sup>, Пилипенко Н.И.<sup>2</sup>, Магер С.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет  
Новосибирск, Россия

✉e-mail: helmmet@mail.ru

Представлены результаты эксперимента по использованию в рационе перепелов функциональной добавки на основе природного органоминерального комплекса (сапропеля), обогащенного отрубями пшеничными, хвойной мукой, скорлупой кедрового ореха и ферментным препаратом Фитбест WP. Эксперимент длительностью 60 дней проведен по стандартной методике на перепелах японской породы. Для эксперимента две аналогичные группы по 60 гол. (одна контрольная и одна опытная) сформированы в суточном возрасте птицы. Обе группы получали основной комбикорм, соответствующий физиологическим особенностям и возрасту перепелов. В рационе молодняка опытной группы 10% массы пшеницы заменили функциональной добавкой, состоящей из сапропеля (50%), отрубей пшеничных (20%), хвойной муки (15%) и скорлупы кедрового ореха (15%), обогащенных ферментным препаратом Фитбест WP (100 г/т комбикорма), предназначенным для повышения усвояемости фитатного фосфора. Птицу содержали в клеточной батарее при соблюдении требуемых условий микроклимата. Изучено влияние скармливания экспериментальной добавки на следующие показатели цыплят перепелов: сохранность, среднесуточный прирост живой массы, мясную продуктивность и качество мяса, биохимический состав крови. Введение в комбикорм перепелов функциональной добавки на основе природного премикса (сапропеля) повысило сохранность птицы на 2,00%, прирост живой массы на 6,97% при отсутствии существенных различий в расходе комбикорма на единицу продукции. В мясе птицы, потреблявшей функциональную добавку, увеличилось содержание сухого вещества на 0,85%, золы на 0,61%, кальция и фосфора в 1,05 и 1,30 раза ( $p < 0,05$ ). Межгрупповые различия по содержанию белка, как и жира, незначительны. Гематологические показатели цыплят перепелов в подопытных группах соответствовали физиологической норме.

**Ключевые слова:** перепела, комбикорм, сапропель, отруби пшеничные, хвойная мука, скорлупа кедрового ореха, препарат Фитбест WP, сохранность, живая масса

## FUNCTIONAL ADDITIVE BASED ON NATURAL PREMIX IN THE DIET OF QUAILS

✉Rogachev V.A.<sup>1</sup>, Merzlyakova O.G.<sup>1</sup>, Chegodaev V.G.<sup>1</sup>, Pilipenko N.I.<sup>2</sup>, Mager S.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal Research Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State Agrarian University  
Novosibirsk, Russia

✉e-mail: helmmet@mail.ru

The results of the experiment on the use of functional additive in the diet of growing quails on the basis of natural organomineral complex (sapropel) enriched with wheat bran, coniferous flour, pine nut shells and enzyme preparation Fitbest WP are presented. The experiment lasting 60 days was conducted according to the standard methodology on Japanese quails. For the experiment, two similar groups of 60 birds each (one control and one experimental group) were formed at one day of age. Both groups received basic mixed fodder corresponding to the physiological characteristics and age of the quails. In the ration of young animals of the experimental group 10% of the wheat mass was replaced by a functional additive consisting of sapropel (50%), wheat bran (20%), coniferous flour (15%) and pine nutshells (15%), enriched with the enzyme preparation Fitbest WP (100 g/t mixed fodder) designed to increase the absorption of phytate phosphorus. The birds were kept in a cage battery under

the required microclimate conditions. The effect of feeding the experimental additive on the following indicators of quail chickens was studied: safety, average daily gain of live weight, meat productivity and meat quality, biochemical composition of blood. Introduction of the functional additive on the basis of natural premix (sapropel) into the mixed fodder of quails increased the safety of birds by 2.00%, live weight gain by 6.97% with no significant differences in the consumption of mixed fodder per unit production. The meat of the poultry that consumed the functional additive increased the dry matter content by 0.85%, ash by 0.61%, calcium and phosphorus by 1.05 and 1.30 times ( $p < 0.05$ ). Intergroup differences in protein content and fat content were insignificant. Hematological parameters of quail chickens in the experimental groups corresponded to the physiological norm.

**Keywords:** quail, compound feed, sapropel, wheat bran, coniferous flour, pine nut shell, Fitbest WP preparation, preservation, live weight

**Для цитирования:** Рогачёв В.А., Мерзлякова О.Г., Чегодаев В.Г., Пилипенко Н.И., Магер С.Н. Функциональная добавка на основе природного премикса в рационе перепелов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 90–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-11>

**For citation:** Rogachev V.A., Merzlyakova O.G., Chegodaev V.G., Pilipenko N.I., Mager S.N. Functional additive based on natural premix in the diet of quails. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 90–96. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-11>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

## ВВЕДЕНИЕ

При организации полноценного кормления сельскохозяйственных животных используются рационы, обогащенные различными балансирующими добавками (синтетическими или биогенными). Эффективными органоминеральными премиксами в этом отношении считаются сапропели – уникальные природные донные илистые отложения пресноводных водоемов, содержащие 10–60% органических и биологически активных веществ [1]. Эти возобновляемые естественные ресурсы представляют собой сложные органоминеральные комплексы, образующиеся под действием микробиологических, биохимических и физических процессов. Формируются сапропели в сложных анаэробных условиях из продуктов деструкции фито- и зоопланктона, а также флоры и фауны высшего порядка и минеральных соединений, поступающих на поверхность водной глади. В целом состав и свойства озерных отложений определяются естественно-географическими условиями региона: климатическими, геологическими, геоморфологическими, гидрологическими, характером растительности и хозяйственной деятельностью человека [2]. Сапропели содержат битумоиды, углеводный комплекс, природные антибиотики, стимуля-

торы и гормоны роста, минералы, ферменты, лигнинный гумус, каратиноиды и другие соединения, способствующие более эффективному использованию питательных веществ кормов. Микроэлементный состав сапропелей связан с геологическим строением местности, с составом грунтовых стоков в водоеме, с составом гидробионтов, образующих после отмирания органическое вещество озерных отложений. Большое значение имеет накопление микроэлементов на геохимических и биогеохимических барьерах, создающихся в озерах в процессе изменений окружающей среды на протяжении сотен и тысяч лет их существования. Имеют значение различные физико-химические и биохимические преобразования веществ, непрерывно происходящих в воде и донных отложениях озер [1, 3–5]. Количество протеина в сапропеле составляет 6,5–9,7%, кальция 3,5–8,3%, фосфора 0,2–0,3%, аспарагиновой и глутаминовой кислот 10,8 и 8,8% г/кг сухого вещества [6].

Положительное действие сапропеля на метаболизм и продуктивность животных обусловлено рядом факторов, в том числе активизацией деятельности пищеварительных ферментов и улучшением химического состава химуса за счет минералов, содержащихся в легкоусвояемой форме. Введение кормовой

добавки «Сапропель» в рацион перепелов повысило прирост живой массы в 70-суточном возрасте на 6,0%, массы потрошенной тушки на 9,9%, общей массы мышц на 4,1% [7]. Добавка сапропеля в рацион дойных коров в количестве 1,2 кг/голову в сутки увеличила молочную продуктивность на 10,3–11,7% и жирность молока на 0,03–0,04% [8]. Использование в составе комбикорма кур-несушек кормовой добавки на основе высушенных донных иловых отложений в количестве 3,0% к массе корма повысило продуктивность молодняка птицы на 4,5% [9]. Для сапропеля характерны высокие ионообменные и каталитические свойства, что также является положительной стороной этого природного продукта. Разнообразные компоненты сапропеля определяют высокую многофакторную биологическую активность и широкое использование его в качестве основы при разработке функциональных добавок для различных видов сельскохозяйственных животных [10, 11]. В качестве дополнительных ингредиентов добавок на основе сапропеля целесообразно применять отруби пшеничные (богаты фосфором и витаминами группы В), хвойную муку (вспомогательный источник минералов и витаминов), скорлупу кедрового ореха (источник биологически активных веществ) и препарат Фитбест WP (ферментный комплекс для повышения усвояемости комбикормов и фитатного фосфора).

Цель исследований – оценить целесообразность применения в комбикорме для перепелов, выращиваемых до возраста 60 дней, функциональной добавки на основе природного органоминерального комплекса (сапропеля), обогащенного отрубями пшеничными, мукой хвойной, скорлупой кедрового ореха и ферментным препаратом Фитбест WP.

Задача эксперимента – определение влияния скармливания функциональной добавки перепелам на их сохранность, среднесуточный прирост живой массы, затраты корма на единицу продукции, мясную продуктивность, качество мяса, гематологические показатели.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыт длительностью 60 дней проведен по стандартной методике в 2022 г. на перепелиной ферме физиологического двора Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального научного центра агроботехнологий Российской академии наук (СибНИПТИЖ СФНЦА РАН) на перепелах японской породы, сформированных в суточном возрасте в две аналогичные группы (контрольная и опытная) по 60 гол. в каждой<sup>1</sup> (см. табл. 1).

Птица содержалась в клеточной батарее в требуемых условиях микроклимата ( $t = 20–22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , влажность 60–70%). Подопытным перепелам скармливали одинаковый основной комбикорм, соответствующий их физиологическим особенностям и возрасту. Различие между группами состояло в следующем: контрольная птица получала только основной комбикорм, перепела опытной группы потребляли комбикорм, в котором 10% массы пшеницы заменено функциональной добавкой на основе природного органоминерального комплекса (сапропеля), обогащенного отрубями пшеничными, мукой хвойной, скорлупой кедрового ореха и ферментным препаратом Фитбест WP.

Рационы составляли в соответствии с нормами Всероссийского научно-исследовательского технологического института птицевод-

**Табл. 1.** Схема опыта

**Table 1.** Scheme of the experiment

| Группа      | Число голов | Условия кормления                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Контрольная | 60          | ОР (основной рацион – комбикорм)                                                                                                                                                                                                               |
| Опытная     | 60          | ОР, в котором 10% массы пшеницы заменено функциональной добавкой, состоящей из сапропеля (50%), отрубей пшеничных (20%), муки хвойной (15%), скорлупы кедрового ореха (15%), обогащенных ферментным препаратом Фитбест WP (100 г/т комбикорма) |

<sup>1</sup>Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы / под общ. ред. В.И. Фисинина и Ш.А. Имангулова. Сергиев Посад, 2000. 33 с.



ства РАН<sup>2,3</sup>. Комбикорма содержали требуемое количество обменной энергии и основных элементов питания. В первые 5 дней жизни цыплята дополнительно к комбикорму получали перепелиные яйца (вареные) для того, чтобы улучшить их адаптацию к условиям внешней среды. Учет поедаемости кормов осуществляли ежедневно путем взвешивания заданных кормов и их остатков. Ежедневно велось наблюдение за поведением и состоянием здоровья перепелов. Контрольные взвешивания птицы проводили при постановке на опыт, в возрасте 30 дней и в 2-месячном возрасте по окончании периода выращивания. В 60-дневном возрасте проведен убой петушков перепелов, отобранных с учетом средней по группе живой массы (3 головы из каждой группы) (см. сноску 3). Химический состав комбикорма, функциональной добавки и мяса петушков перепелов исследовали в биохимической лаборатории СибНИПТИЖа СФНЦА РАН по общепринятым методикам зоотехнического анализа. Биохимический состав крови птицы (петушков) определяли в лаборатории биотехнологий Института экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока СФНЦА РАН. Полученный в опыте цифровой материал обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с помощью программного обеспечения Microsoft Office Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комбикорм для перепелов приготовили с учетом их возраста и в соответствии с основными требованиями для данного вида птицы: оптимальная степень измельчения, высокая калорийность, сбалансированность (см. табл. 2). Комбикорм скармливали по поедаемости.

Функциональная кормовая добавка на основе сапропеля содержала 5,72 МДж/кг обменной энергии, 3,03% переваримого протеина (см. табл. 3).

По энергетической питательности (МДж обменной энергии) основной комбикорм и комбикорм, содержащий функциональную

**Табл. 2.** Структура и питательность комбикормов для перепелов

**Table 2.** Structure and nutritional value of compound feeds for quails

| Компонент                            | Возраст, дни |       |
|--------------------------------------|--------------|-------|
|                                      | 0–30         | 30–60 |
| <i>Структура, %</i>                  |              |       |
| Пшеница фуражная                     | 60,0         | 58,0  |
| Соя экструдированная                 | 10,0         | 10,0  |
| Жмых подсолнечный                    | 10,0         | 10,0  |
| Мука мясо-костная                    | 5,0          | 10,0  |
| Мука рыбная                          | 5,0          | –     |
| Дрожжи кормовые                      | 5,0          | 5,0   |
| Премикс                              | 1,0          | 1,0   |
| Мел кормовой                         | 2,0          | 2,0   |
| Трикальцийфосфат                     | 2,0          | 2,0   |
| Ракушка                              | –            | 2,0   |
| <i>В 100 г комбикорма содержится</i> |              |       |
| Обменная энергия, МДж                | 1,27         | 1,07  |
| Сырой протеин, г                     | 22,1         | 22,8  |
| Переваримый протеин, г               | 18,60        | 19,40 |
| Сырой жир, г                         | 11,80        | 5,00  |
| Сырая клетчатка, г                   | 3,00         | 2,90  |
| БЭВ, г                               | 47,00        | 45,40 |
| Крахмал, г                           | 31,30        | 30,30 |
| Сахара, г                            | 2,20         | 2,19  |
| Кальций, г                           | 1,58         | 1,66  |
| Фосфор, г                            | 1,18         | 1,07  |

добавку, были практически равны (различие 0,78%).

Установлено, что скармливание цыплятам комбикорма, в котором 10% массы пшеницы заменено функциональной добавкой, положительно сказалось на сохранности и интенсивности роста птицы (см. табл. 4).

Сохранность цыплят опытной группы возросла в сравнении с контролем на 2,00%, среднесуточный пророст живой массы – на 6,97% ( $p > 0,05$ ) при отсутствии существенных различий в расходе комбикормов на единицу продукции. (межгрупповое различие 1,65%). Потребление комбикорма перепелами опытной группы увеличилось за 60 дней

<sup>2</sup>Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы / под общ. ред. В.И. Фисина и Ш.А. Имангулова, И.А. Егорова, Т.М. Околовой. Сергиев Посад, 2003. 142 с.

<sup>3</sup>Фисин В.И., Егоров И.А., Околовой Т.М., Имангулов Ш.А. Кормление сельскохозяйственной птицы: учебник. Сергиев Посад, 2003. 375 с.

**Табл. 3.** Питательность и химический состав функциональной добавки на основе сапропеля**Table 3.** Nutritional value and chemical composition of a functional sapropel-based supplement

| Показатель               | Фактическое значение |
|--------------------------|----------------------|
| Обменная энергия, МДж/кг | 5,72                 |
| Сухое вещество, %        | 90,29                |
| Сырой протеин, %         | 3,48                 |
| Переваримый протеин, %   | 3,03                 |
| Сырой жир, %             | 1,74                 |
| Сырая зола, %            | 34,88                |
| Сырая клетчатка, %       | 27,0                 |
| БЭВ, %                   | 23,19                |
| Кальций, %               | 4,26                 |
| Фосфор, %                | 0,28                 |

**Табл. 4.** Сохранность, прирост живой массы цыплят-перепелов и расход корма на 1 кг прироста  
**Table 4.** Safety, live weight gain of quail chickens and feed consumption per 1 kg of gain

| Показатель                                 | Группа        |               |
|--------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                            | контрольная   | опытная       |
| Сохранность, %                             | 81            | 83            |
| Живая масса, г:                            |               |               |
| в начале опыта                             | 8,63 ± 0,11   | 8,58 ± 0,10   |
| в возрасте 30 дней                         | 62,47 ± 1,51  | 71,27 ± 1,92  |
| в возрасте 60 дней                         | 155,12 ± 2,03 | 164,98 ± 2,48 |
| Прирост живой массы за 60 дней, г:         |               |               |
| абсолютный                                 | 146,49 ± 1,92 | 156,40 ± 2,35 |
| среднесуточный                             | 2,44 ± 0,03   | 2,61 ± 0,04   |
| Потреблено кормов за 60 дней на 1 гол., кг | 0,886         | 0,962         |
| Затраты корма на 1 кг прироста, г          | 6,05          | 6,15          |

опыта по отношению к контрольным аналогам на 8,58%.

По результатам контрольного убоя птицы установлено, что масса потрошенной тушки в опытной группе была больше, чем в контроле, на 9,09% ( $p > 0,05$ ) (см. табл. 5). Различия между группами по убойному выходу составили 1,76%, то есть были незначительны.

Включение в комбикорм функциональной добавки оказало влияние на химический состав мяса цыплят (см. табл. 6). Опытная группа превосходила контрольную птицу

по концентрации в мясе сухого вещества на 0,85%, золы на 0,61%, кальция и фосфора в 1,05 и 1,30 раза ( $p < 0,05$ ). Межгрупповые различия по содержанию белка, как и жира, незначительны.

Значительных различий между группами в отношении сбалансированности мяса перепелов по аминокислотам не установлено. Аминокислотные индексы мяса птицы контрольной и опытной групп были тождественны (различие 1,72%).

**Табл. 5.** Результаты контрольного убоя подопытной птицы**Table 5.** Results of control slaughter of the experimental poultry

| Показатель                 | Группа       |              |
|----------------------------|--------------|--------------|
|                            | контрольная  | опытная      |
| Предубойная живая масса, г | 155,0 ± 2,19 | 165,0 ± 3,21 |
| Масса потрошенной тушки, г | 110,0 ± 2,60 | 120,0 ± 2,91 |
| Убойный выход, %           | 70,97 ± 0,85 | 72,73 ± 0,33 |

**Табл. 6.** Химический и аминокислотный состав мяса перепелов, %**Table 6.** Chemical and amino acid composition of quail chickens meat, %

| Показатель                                                                                                                                     | Группа        |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                                                                                                                                | контрольная   | опытная       |
| Сухое вещество                                                                                                                                 | 27,79 ± 0,17  | 28,64 ± 0,09  |
| Жир                                                                                                                                            | 7,57 ± 0,19   | 7,64 ± 0,10   |
| Белок                                                                                                                                          | 16,96 ± 0,27  | 17,13 ± 0,11  |
| Зола                                                                                                                                           | 3,26 ± 0,08   | 3,87 ± 0,05   |
| Кальций                                                                                                                                        | 0,894 ± 0,005 | 0,942 ± 0,004 |
| Фосфор                                                                                                                                         | 0,148 ± 0,006 | 0,192 ± 0,005 |
| Аминокислоты:                                                                                                                                  |               |               |
| сумма незаменимых аминокислот (аргинин, валин, гистидин, лизин, лейцин, изолейцин, триптофан, треонин, тирозин, фенилаланин, метионин, цистин) | 10,285        | 9,844         |
| сумма заменимых аминокислот (аланин, аспарагин, глицин, глутамин, пролин, серин)                                                               | 9,331         | 8,782         |
| аминокислотный индекс                                                                                                                          | 1,102         | 1,121         |

**Табл. 7.** Биохимические показатели крови  
цыплят перепелов

**Table 7.** Biochemical blood parameters of quail  
chickens

| Показатель                               | Группа        |               |
|------------------------------------------|---------------|---------------|
|                                          | контрольная   | опытная       |
| Общий белок, г/л                         | 35,91 ± 1,13  | 37,91 ± 0,52  |
| Альбумин, г/л                            | 16,46 ± 0,74  | 18,47 ± 0,60  |
| Глобулин, г/л                            | 19,54 ± 0,82  | 20,44 ± 0,59  |
| Альбумин/<br>глобулиновый<br>коэффициент | 0,84 ± 0,07   | 0,90 ± 0,02   |
| Триглицериды,<br>мкмоль/л                | 1,87 ± 0,04   | 1,91 ± 0,02   |
| Мочевая кислота,<br>мкмоль/л             | 166,31 ± 5,52 | 171,85 ± 5,52 |
| Фосфор, ммоль/л                          | 2,26 ± 0,05   | 2,33 ± 0,24   |
| Кальций, ммоль/л                         | 1,82 ± 0,07   | 2,21 ± 0,10   |
| АСТ, ЕД/л                                | 192,71 ± 4,47 | 190,61 ± 2,87 |
| АЛТ, ЕД/л                                | 14,57 ± 1,21  | 14,58 ± 1,45  |
| Билирубин прямой,<br>мкмоль/л            | 0,23 ± 0,04   | 0,23 ± 0,07   |
| Креатинин, мкмоль/л                      | 25,98 ± 3,56  | 26,28 ± 3,56  |

Результаты биохимических исследований крови перепелов подопытных групп показали, что все цыплята были здоровы (см. табл. 7).

В крови птицы опытной группы отмечено увеличение общего белка на 5,57%, альбумин-глобулинового коэффициента на 12,21% ( $p < 0,05$ ), кальция на 21,43% ( $p < 0,05$ ). Прочие показатели биохимического состава крови варьируют в пределах физиологической нормы.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан рецепт функциональной добавки для перепелов на основе природного органоминерального комплекса (сапропеля). Состав добавки: сапропель 50%, отруби пшеничные 20%, хвойная мука 15%, скорлупа кедрового ореха 15%, ферментный препарат Фитбест WP (0,1 г/кг комбикорма).

2. Скармливание перепелам в период выращивания (возраст 1–60 дней) комбикорма, в котором 10% зерна пшеницы заменено функциональной добавкой, положительно сказалось на некоторых зоотехнических показателях. Сохранность цыплят опытной группы возросла в сравнении с контрольными аналогами на 2,00%, среднесуточный прирост

живой массы на 6,97% ( $p > 0,05$ ) при несущественном различии (1,65%) в расходе комбикорма на единицу продукции. Масса потрошенной тушки у цыплят опытной группы была больше, чем у контрольной птицы на 9,09% ( $p > 0,05$ ).

3. В мясе перепелов опытной группы по сравнению с контрольными аналогами содержалось сухого вещества больше на 0,85%, золы – на 0,61%, кальция и фосфора – в 1,05 и 1,30 раза ( $p < 0,05$ ). Межгрупповые различия по содержанию белка, как и жира, несущественны. Биохимические показатели крови цыплят подопытных групп соответствовали физиологической норме.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мостович Е.А. Состояние и перспективы использования и добычи сапропеля // Московский экономический журнал. 2020. № 8. С. 116–125.
2. Титова В.И., Баранов А.И., Белоусова Е.Г. Использование сапропеля при выращивании кукурузы на серых лесных почвах Нижегородской области // Агрохимия. 2019. № 1. С. 36–41.
3. Успенская О.Н., Васючков И.Ю. Микроэлементы в сапропелях – природном материале на удобрение для органического земледелия // Агрохимия. 2019. № 10. С. 52–57.
4. Дроздов И.А., Беленков А.И., Васильев А.С., Голубев В.В., Никифоров М.В. Влияние различных видов и доз сапропеля на содержание и состав органического вещества в дерново-подзолистой почве // Агрохимический вестник. 2019. № 1. С. 20–24.
5. Шпынова С.А., Ядрищенская О.А., Басова Е.Е., Гирло Г.А. Влияние сапропеля на продуктивность перепелов // Эффективное животноводство. 2019. № 3. С. 74–75.
6. Аржанкова Ю.В., Лисица П.В., Васина А.Ю., Кириллова Е.В. Перспективы использования сапропеля в птицеводстве // Известия Великолукской ГСХА. 2019. № 1. С. 7–12.
7. Редькин С.В., Колоезд А.Л. Ветеринарно-санитарная экспертиза перепелиного мяса и яйца при использовании кормовой добавки «Сапропель» // Молодой учёный. 2021. № 4 (346). С. 126–129.
8. Панкратов В.В., Черноградская Н.М., Степанова С.И., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И. Научное обоснование использования местных нетрадиционных кормовых добавок в животноводстве Якутии // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2019. № 1. С. 94–101.

9. Кононеко С.И., Юрина Н.А., Максим Е.А. Природная кормовая добавка для ремонтного молодняка кур-несушек // Зоотехническая наука Беларуси. 2018. Т. 53. № 2. С. 41–49.
10. Baranova G., Girlo G., Basova E., Selina T., Shpynova S., Yadrishchenskaya O. Sapropel in compound feeds for quails // Compound feed. 2018. N 9. P. 71–73.
11. Shpynova S.A., Selina T.V., Yadrishchenskaya O.A., Basova E.A., Girlo G.A. The influence of sapropel on the productivity of quails // Efficient animal husbandry. 2019. N 3. P. 74–75.
- on the productivity of quails. *Effektivnoe zhivotnovodstvo = Efficient Animal Husbandry*, 2019, no. 3. pp. 74–75. (In Russian).
6. Arzhankova Yu.V., Lisitsa P.V., Vasina A.Yu., Kirillova E.V. Prospects for the use of sapropel in poultry farming. *Izvestiya Velikolukskoi GSKhA = Izvestiya of Velikiye Luki State Agricultural Academy*, 2019, no. 1, pp. 7–12. (In Russian).
7. Red'kin S.V., Koloezd A.L. Veterinary and sanitary examination of quail meat and eggs when using the feed additive "Sapropel". *Molodoi uchenyi = Young scientist*, 2021, no. 4 (346), pp. 126–129. (In Russian).
8. Pankratov V.V., Chernogradskaya N.M., Stepanova S.I., Grigor'ev M.F., Grigor'eva A.I. Scientific substantiation of the use of local non-traditional feed additives in animal husbandry of Yakutia. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya = Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*, 2019, no. 1, pp. 94–101. (In Russian).
9. Kononeko S.I., Yurina N.A., Maksim E.A. Natural feed additive for the repair of laying hens. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi = Zootechnical Science of Belarus*, 2018, vol. 53, no. 2, pp. 41–49. (In Russian).
10. Baranova G., Girlo G., Basova E., Selina T., Shpynova S., Yadrishchenskaya O. Sapropel in compound feeds for quails. *Compound feed*, 2018, no. 9, pp. 71–73. (In Russian).
11. Shpynova S.A., Selina T.V., Yadrishchenskaya O.A., Basova E.A., Girlo G.A. The influence of sapropel on the productivity of quails. *Efficient animal husbandry*, 2019, no. 3, pp. 74–75. (In Russian).

## REFERENCES

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Рогачёв В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, СФНЦА РАН; e-mail: helmmet@mail.ru

**Мерзлякова О.Г.**, старший научный сотрудник

**Чегодаев В.Г.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

**Пилипенко Н.И.**, старший преподаватель

**Магер С.Н.**, доктор биологических наук, профессор

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Viktor A. Rogachev**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: helmmet@mail.ru

**Olga G. Merzlyakova**, Senior Researcher

**Viktor G. Chegodaev**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

**Natalya I. Pilipenko**, Senior Lecturer

**Sergey N. Mager**, Doctor of Science in Biology, Professor

Дата поступления статьи / Received by the editors 13.03.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 12.05.2023  
Дата публикации / Published 20.06.2023



## ВЛИЯНИЕ ЖИРА СВИНЕЙ РАЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА В РАЦИОНЕ ПЕРЕПЕЛОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТКАНЕЙ

(✉) Бекенёв В.А.<sup>1</sup>, Аришин А.А.<sup>1</sup>, Каштанова Е.В.<sup>2</sup>, Полонская Я.В.<sup>2</sup>,  
Мерзлякова О.Г.<sup>1</sup>, Чегодаев В.Г.<sup>1</sup>, Бекенева К.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук  
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт терапии и профилактической медицины – филиал  
Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный  
исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения  
Российской академии наук»  
Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет. Институт медицины и психологии В. Зельмана  
Новосибирск, Россия

(✉) e-mail: bekenev@ngs.ru

Представлены результаты исследований перепелок, находящихся на рационах с использованием в кормовых добавках подкожного жира свиней, разводимых в Сибири, различных по морфологическому, химическому составу, а также органолептическим качествам. Изучены следующие показатели: интенсивность роста, жизнеспособность, яйценоскость, биохимические особенности крови (триглицериды, общий холестерин, липопротеины высокой плотности, липопротеины низкой плотности, атерогенный индекс, уровень свободнорадикального окисления и антиоксидантов). Исследованы породы: кемеровская (К) и пьетрен (П) – и их жир. У породы К толщина сала составила 35,1 мм, у породы П – 21,1 мм, насыщенных жирных кислот в жире было соответственно 41,56 и 38,28%, полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) 15,18 и 19,42%, линолевой кислоты 15,08 и 19,22%, холестерина 0,16 и 0,26%. Органолептические качества сала составили соответственно 3,9 и 2,4 балла. Жир этих пород свиней, а также подсолнечное масло (контроль) добавляли в корм цыплятам перепелок трех групп по 60 особей в каждой до 23-недельного возраста (3,0–3,5% от массы рациона). Перепелки, получавшие жир породы К, быстрее росли, у них была выше яйценоскость и средняя масса яйца. У перепелок, получавших жир породы П, содержащий высокий уровень общего холестерина, богатый ПНЖК и линолевой кислотой, в сыворотке крови оказалось значительно больше липопротеинов низкой плотности ( $44,9 \pm 9,01$  мг/дл против  $29,0 \pm 5,51$  в группе К и  $28,6 \pm 4,81$  мг/дл в контроле), выше перекисное окисление липидов и самый высокий атерогенный индекс. Полученные данные свидетельствуют о том, что жир породы К более полезен для питания животных, чем жир свиней породы П, и может быть приоритетным в питании человека. Это дает основу для проверки и подтверждения полученных результатов на людях, а также для селекции свиней в направлении улучшения жирно-кислотного состава мяса и сала в сторону увеличения концентрации насыщенных жирных кислот.

**Ключевые слова:** сало, порода, перепелки, интенсивность роста, НЖК, холестерин, атерогенный индекс

## INFLUENCE OF PIG FAT OF DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION IN THE DIET OF QUAILS ON THE PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF TISSUES

(✉) Bekenev V.A.<sup>1</sup>, Arishin A.A.<sup>1</sup>, Kashtanova E.V.<sup>2</sup>, Polonskaya Ya.V.<sup>2</sup>,  
Merzlyakova O.G.<sup>1</sup>, Chegodaev V.G.<sup>1</sup>, Bekeneva K.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences  
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

<sup>2</sup>Research Institute of Internal and Preventive Medicine – Branch of the Institute of Cytology and  
Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
Novosibirsk, Russia

<sup>3</sup>*Novosibirsk State University. V. Zelman Institute for Medicine and Psychology*

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: bekenev@ngs.ru

The results of the studies of quails kept on diets using subcutaneous fat of pigs bred in Siberia in feed additives, different in morphological, chemical composition, as well as organoleptic qualities, are presented. The following parameters were studied: growth rate, viability, egg laying rate, biochemical blood characteristics (triglycerides, total cholesterol, high-density lipoproteins, low-density lipoproteins, atherogenic index, free radical oxidation and antioxidants levels). The following breeds were studied: Kemerovo (K) and Pietrain (P) and their fat. In breed K, the fat thickness was 35.1 mm; in breed P, 21.1 mm, saturated fatty acids (SFA) in fat were 41.56 and 38.28%, respectively, polyunsaturated fatty acids (PUFA) - 15.18 and 19.42%, linoleic acid 15.08 and 19.22%, cholesterol 0.16 and 0.26%. The organoleptic qualities of the fat were 3.9 and 2.4 points, respectively. The fat of these pig breeds, as well as sunflower oil (control), was added to the feed of quail chickens of three groups of 60 individuals each up to 23 weeks of age (3.0 - 3.5% of the weight of the diet). The quails that received K-breed fat grew faster, they had higher egg production, and the average egg weight. In the quails treated with fat of breed P containing a high level of total cholesterol, rich in PUFA and linoleic acid, there were significantly more low-density lipoproteins in the blood serum ( $44.9 \pm 9.01$  mg / dl versus  $29.0 \pm 5.51$  in group K and  $28.6 \pm 4.81$  in the control), higher peroxidation lipids and the highest atherogenic index. The data obtained indicate that the fat of breed K is more useful for animal nutrition than the fat of pigs of breed P and may be a priority in human nutrition. This provides the basis for testing and confirming the results obtained in humans, as well as for pig breeding in the direction of improving the fatty acid composition of meat and fat in the direction of increasing the concentration of saturated fatty acids.

**Keywords:** fat, breed, quails, growth rate, SFA, cholesterol, atherogenic index

**Для цитирования:** Бекенёв В.А., Аришин А.А., Каштанова Е.В., Полонская Я.В., Мерзлякова О.Г., Чегодаев В.Г., Бекенева К.А. Влияние жира свиней разного химического состава в рационе перепелок на продуктивность и биохимический состав тканей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 5. С. 97–108. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-12>

**For citation:** Bekenev V.A., Arishin A.A., Kashtanova E.V., Polonskaya Ya.V., Merzlyakova O.G., Chegodaev V.G., Bekeneva K.A. Influence of pig fat of different chemical composition in the diet of quails on productivity and biochemical composition of tissues. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 5, pp. 97–108. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-12>

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

#### Благодарность

Работа выполнена в рамках бюджетных тем по Государственным заданиям: № 0533-2021-0014; № 122031700094-5.

#### Acknowledgments

The work was carried out within the framework of budget topics under the State assignments: No. 0533-2021-0014; No. 122031700094-5.

## ВВЕДЕНИЕ

Улучшение питания населения мясными продуктами является важнейшей проблемой во всем мире, она касается не только количества, но и качественных показателей. Они зависят от самых разнообразных факторов: вида животных, породы, состава кормов, условий содержания, генетических особенностей, интенсивности роста и т.д. Животные разных пород свиней значительно различаются по содержанию жира в тушах, органо-

лептическим свойствам, биологической ценности, химическому составу, особенно – по жирным кислотам [1].

Однако установление различий между породами по качеству жиров не отвечает на вопросы о влиянии продукции с разным составом жиров и холестерина на здоровье человека. По данным исследователей, должна быть более тесная интеграция между сельскохозяйственными науками и наукой о питании человека, поскольку существует тесное

взаимодействие между рационом питания и патогенезом различных распространенных заболеваний<sup>1</sup>.

Поэтому для получения мясной продукции высокого качества с оптимальным содержанием питательных веществ необходимы следующие мероприятия. Во-первых, проведение детального изучения уровня холестерина, жирных кислот мяса и сала, окислительных особенностей крови у наиболее отличающихся друг от друга пород свиней и их гибридов. Во-вторых, испытания сала свиней разных пород, значительно различающихся по жирно-кислотному составу и уровню холестерина, в кормлении животных и питания человека. В настоящее время недостаточно знаний о том, какой уровень и вид жирных кислот и антиоксидантов является оптимальным в питании человека для поддержания его здоровья [2–5]. По данным исследователей, хорошей животной моделью для изучения атеросклероза у людей являются цыплята, поскольку у них уровни холестерина, липопротеинов высокой и низкой плотности в плазме сходны. Преимущество этого вида в том, что куры всеядны, и у них может развиться спонтанный атеросклероз, подобный человеческому [6]. Птицы, по мнению некоторых ученых, подобны физически активному человеку по энергетическому обмену, у них сходные с людьми характеристики выделения митохондриями свободных радикалов при расщеплении жирных кислот [7].

Цель исследования – установить влияние введения подкожного сала свиней, контрастных по составу туш, химическому составу подкожного жира, особенно по жирным кислотам, в кормовые добавки животным; изучить воздействие на жизнеспособность, продуктивность, биохимический состав тканей птиц с последующей интерпретацией результатов для использования сала в питании населения.

Задача исследования – установить различия между перепелками, находящимися на рационах с разным источником свиного

жира и растительного масла, по интенсивности роста, жизнеспособности, яйценоскости, биохимическим особенностям крови: триглицеридам (ТГ), общему холестерину (ОХ), липопротеинам высокой плотности (ЛПВП), липопротеинам низкой плотности (ЛПНП), атерогенному индексу, уровню свободнорадикального окисления и антиоксидантов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для получения наиболее полезной для здоровья населения свинины и дальнейшей целенаправленной селекции животных проведена оценка качества туш, физико-химических свойств подкожного жира, мяса, органолептических показателей, биохимического состава крови свиней пяти пород, находящихся в одинаковых условиях кормления и содержания на крупном промышленном комплексе «Чистогорский» Кемеровской области.

Ранее проведена оценка откормочных и мясных качеств нескольких пород свиней: кемеровской (К), крупной белой (КБ), ландрас (Л), пьетрен (П), дюрок (Д), получавших одновременно одинаковые корма. Для анализов использовали по пять туш от каждой породы с живой массой при убое 95–100 кг [8].

Две значительно отличающихся друг от друга по убойным показателям, качеству подкожного жира (сала), жирно-кислотному составу и уровню холестерина породы К и П взяты для введения их сала в рацион перепелок, использованных в эксперименте в качестве модельного объекта.

Для исследований диетических качеств подкожного жира сформировано три группы рэндомически отобранных цыплят перепелок сразу после вылупления по 60 особей (см. табл. 1). Условия содержания соответствовали зоотехническим рекомендациям. Перепелкам вводили в рацион жир в количестве 3,0–3,5% от массы рациона, перепелкам контрольной группы 1 – подсолнечное масло, группы 2 – подкожный жир свиней породы

<sup>1</sup>Christophersen O.A. and Haug A. Animal products, diseases and drugs: a plea for better integration between agricultural sciences, human nutrition and human pharmacology // *Lipids in Health and Disease*. 2011. Vol. 10. P. 16. DOI: 10.1186/1476-511X-10-16.

**Табл. 1.** Схема опыта

**Table 1.** Scheme of the experiment

| Группа          | Численность животных, гол. | Условия кормления           |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 (контрольная) | 60                         | ОР + растительное масло     |
| 2 (опытная)     | 60                         | ОР + подкожный жир породы К |
| 3 (опытная)     | 60                         | ОР + подкожный жир породы П |

Примечание. ОР – основной рацион, сбалансированный по нормам ВНИИТИП.

К, перепелкам группы 3 – подкожный жир свиней породы П. Использовали подсолнечное масло со следующим составом жирных кислот (%): пальмитолеиновая С 16 : 1 – 0,1, пальмитиновая С 16 : 0 – 6,2, линоленовая С 18 : 3 – 0,1, линолевая С 18 : 2 – 68,1, олеиновая С 18 : 1 – 19,5, стеариновая С 18 : 0 – 4,4, гандоиновая 20 : 1 – 0,2, арахидовая 20 : 0 – 0,4, бегеновая 22 : 0 – 0,7, эруковая С 22 : 1 – 0,1, лигноцериновая С 24 : 0 – 0,2. Состав жирных кислот, холестерина подкожного жира свиней, жирных кислот подсолнечного масла определяли в лаборатории Института органической химии СО РАН липидной экстракцией хлороформом/метанолом согласно Folch, 1957 г. Чистоту липидов проверяли и выделяли флеш-хроматографией. Определение состава жирных кислот мышечной ткани и шпика проводили на газовом хроматографе HP 6890 (Hewlett Packard, Германия).

Комбикорм для перепелок изготавливали в соответствии с основными требованиями: сбалансированность, высокая калорийность и необходимая степень измельчения (см. сноску 2). Структура и питательность комбикорма для перепелок, соответствующая нормативам, представлена в табл. 2.

Опыт проводили согласно общепринятой методике. Структура и питательность комбикорма для перепелок соответствовали нормативам<sup>3</sup>.

**Табл. 2.** Структура и питательность комбикормов для перепелок, %

**Table 2.** Structure and nutritional value of compound feed for quails, %

| Компонент                        | Возраст перепелок, дни |                |
|----------------------------------|------------------------|----------------|
|                                  | 0–30                   | 31–60 и старше |
| Пшеница фуражная                 | 44,5                   | 57,0           |
| Соя экстрадированная             | 20,0                   | 12,0           |
| Жмых подсолнечный                | 10,0                   | 10,0           |
| Мука мясо-растительная           | –                      | 10,0           |
| Мука рыбная                      | 12                     | –              |
| Дрожжи кормовые                  | 7                      | 5              |
| Жир (растительный/животный)      | 3,5                    | 3,0            |
| Премикс                          | 1,0                    | 1,0            |
| Мел кормовой                     | 1,0                    | 1,0            |
| Трикальцийфосфат                 | 1,0                    | 1,0            |
| В 100 г комбикорма содержится, % |                        |                |
| Обменная энергия, МДж            | 1,258                  | 1,256          |
| Сырой протеин                    | 26,4                   | 23,2           |
| Лизин                            | 1,49                   | 1,21           |
| Метионин + цистин                | 0,90                   | 0,79           |
| Сырая клетчатка                  | 3,7                    | 3,8            |
| Кальций                          | 1,46                   | 1,84           |
| Фосфор доступный                 | 0,86                   | 1,01           |
| Натрий                           | 0,48                   | 0,48           |

Изучен прирост перепелок, их яйценоскость и масса яиц. У 10 птиц из каждой группы, забитых в 8- и 23-недельном возрасте, проведено исследование сыворотки крови на содержание общего холестерина, ЛПВП и ЛПНП, триглицеридов, общего белка, альбуминов, глюкозы, антиоксидантов, уровня продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в ЛПНП и окислительную резистентность ЛПНП. Определение антиокислительной активности сыворотки крови проводили на анализаторе FORM Plus 3000 (Италия) при помощи наборов Callegari 1930 для определения FORD (Free Oxygen Radicals Defence) (Италия) согласно инструкции к набору.

<sup>2</sup>Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы // РАСХН; МНТЦ «Племптица»; ГНУ ВНИИТИП / под общ. ред. В.И. Фисинина и Ш.А. Имангулова, И.А. Егорова, Т.М. Околеловой. Сергиев Посад. 2003. 142 с.

<sup>3</sup>Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы // РАСХН; МНТЦ «Племптица»; ГНУ ВНИИТИП / под общ. ред. В.И. Фисинина и Ш.А. Имангулова. Сергиев Посад. 2000. 33 с.



Исходный уровень продуктов ПОЛ в ЛПНП и окислительную резистентность ЛПНП *in vitro* в сыворотке определяли по методу Ю.И. Рагино и др.<sup>4</sup>. Сывороточный ЛПНП получали путем осаждения с помощью буферного гепарина, промывали и растворяли в 1 М растворе NaCl. Окислительную модификацию ЛПНП проводили в изотоническом растворе NaCl, содержащем ионы  $Cu^{2+}$  при 37 °С. Степень окисления ЛПНП оценивали флуориметрическим методом по концентрации одного из конечных продуктов ПОЛ – малонового диальдегида (MDA) в начале (до окисления); после 3, 6, 15 и 30 мин инкубации – на спектрофлуориметре Versafluor. Концентрацию ТГ, ОХ, ЛПВП, глюкозы, аспартатаминотрансферазы определяли энзиматическим методом с использованием наборов «Thermo Fisher Scientific» (Финляндия) на биохимическом анализаторе «Konelab Prime 30i» (Thermo Fisher Scientific, Финляндия). ЛПНП вычисляли по формуле Фридвальда. Статистическую обработку результатов проводили по пакету прикладных программ Статистика 6.1 для Windows. Результаты представлены как средние значения с их стандартной ошибкой ( $M \pm SE$ ). Различия считали статистически достоверными при  $p \leq 0.05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Характеристика сала свиней разных пород

Свиньи изучаемых пород значительно различались по толщине шпика, качественным показателям соленого сала. Толщина шпика

на уровне 6–7-го грудных позвонков при живой массе 100 кг оказалась следующей (мм):

КБ – 32,9, К – 35,1, Л – 32,3, Д – 32,7 и П – 21,1. Так, по всем исследуемым показателям (внешнему виду, нежности, вкусу) лучше всех выглядело сало свиней породы К (см. табл. 3). Сало свиней породы П было очень тонким, не имело характерного для хорошего сала розоватого оттенка. Соленое сало, полученное от свиней породы К, на вкус сибирских дегустаторов было наилучшим по всем параметрам.

В подкожном сале свиней породы К содержалось больше жира, чем у П ( $88,1 \pm 4,80\%$  против  $80,4 \pm 1,93$ ) (см. табл. 4). В жире породы К было больше всего насыщенных жирных кислот ( $41,56$  против  $38,28\%$ ), особенно пальмитиновой –  $25,62 \pm 0,87$  против  $23,0 \pm 0,59\%$  у породы П ( $p < 0,05$ ), миристиновой –  $1,4 \pm 0,16$  против  $1,1 \pm 0,13\%$ . Линолевой ПНЖК, наоборот, у них было меньше –  $15,08 \pm 0,72\%$  против  $19,22 \pm 1,6$  ( $p < 0,05$ ). Общего холестерина в жире сала свиней породы К содержалось  $0,16 \pm 0,02\%$  против  $0,26 \pm 0,02\%$  ( $p < 0,01$ ) в жире сала породы П, то есть в 1,5 раза меньше. В 100 г сала у породы К содержалось холестерина (мг) 140, П – 209.

### Рост, развитие и продуктивность перепелок

Изучено развитие перепелок от момента вылупления из яиц до 165-дневного возраста (23,6 нед). Большой разницы между группами не выявлено, хотя отмечена тенденция превосходства группы 2 (К) по живой массе

**Табл. 3.** Качество соленого сала свиней разных пород

**Table 3.** The quality of salted fat of pigs of different breeds

| Число дегустаторов | Порода      | Вкус            | Нежность           | Внешний вид        | Средний балл       |
|--------------------|-------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 14                 | Пьетрен     | $2,6 \pm 0,3^*$ | $1,9 \pm 0,2^{**}$ | $2,8 \pm 0,3^*$    | $2,4 \pm 0,2^{**}$ |
| 14                 | Кр. белая   | $3,3 \pm 0,2$   | $2,4 \pm 0,3^*$    | $3,0 \pm 0,3^*$    | $2,9 \pm 0,3^*$    |
| 14                 | Дюрок       | $3,4 \pm 0,2$   | $2,9 \pm 0,2$      | $3,5 \pm 0,3$      | $3,2 \pm 0,2$      |
| 14                 | Ландрас     | $3,2 \pm 0,1^*$ | $2,5 \pm 0,2^*$    | $3,0 \pm 0,2^{**}$ | $2,9 \pm 0,2^*$    |
| 14                 | Кемеровская | $3,9 \pm 0,2$   | $3,5 \pm 0,3$      | $4,2 \pm 0,2$      | $3,9 \pm 0,2$      |

Здесь и в табл. 4, 6:

\*Разница по сравнению с породой К достоверна при  $p < 0,05$ .

\*\* При  $p < 0,01$ .

<sup>4</sup>Патент № 2216738 РФ. Способ оценки антиоксидантного потенциала липопротеинов низкой плотности / Ю.И. Рагино, Е.В. Березовская, Ю.П. Никитин. Приоритет от 14.09.2001 г.

**Табл. 4. Жирные кислоты сала, %**

**Table 4. Fatty acids of fat, %**

| Жирная кислота                                       | Порода свиней          |                    |
|------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|
|                                                      | Кемеровская<br>(n = 5) | Пьетрен<br>(n = 5) |
| Миристиновая C 14 : 0                                | 1,4 ± 0,07             | 1,1 ± 0,13         |
| Пентадекановая C 15 : 0                              | 0                      | 0,1 ± 0            |
| Пальмитиновая C 16 : 0                               | 25,62 ± 0,87           | 23 ± 0,59*         |
| Гептадекановая C 17 : 0                              | 0,3 ± 0,03             | 0,42 ± 0,06        |
| Стеариновая C 18 : 0                                 | 13,72 ± 0,3            | 13,34 ± 0,95       |
| Арахидовая C 20 : 0                                  | 0,52 ± 0,16            | 0,32 ± 0,07        |
| Сумма НЖК                                            | 41,56                  | 38,28              |
| Пальмитолеиновая<br>C 16 : 1                         | 2,36 ± 0,14            | 2,08 ± 0,2         |
| Гептадеценовая C 17 : 1                              | 0,28 ± 0,04            | 0,34 ± 0,04        |
| Олеиновая C 18 : 1                                   | 34,78 ± 0,63           | 33 ± 0,91          |
| Октадеценовая C 18 : 1<br>(элаиновая)                | 4,84 ± 0,49            | 4,98 ± 0,35        |
| Эйкозеновая C 20 : 1<br>(гандоиновая)                | 0,84 ± 0,29            | 1,3 ± 0,31*        |
| Сумма МНЖК                                           | 43,1                   | 41,7               |
| Линолевая C 18 : 2 (ω-6)                             | 15,08 ± 0,72           | 19,22 ± 1,6*       |
| Эйкозатриеновая<br>C 20 : 3 (ω-6)<br>(γ-линоленовая) | 0                      | 0                  |
| Арахидоновая C 20 : 4<br>(ω-6)                       | 0,1 ± 0                | 0,1 ± 0            |
| Докозапентаеновая<br>C 22 : 5 (ω-3)                  | 0                      | 0,1 ± 0            |
| Докозагексаеновая<br>C 22 : 6 (ω-3)                  | 0                      | 0                  |
| Сумма ПНЖК                                           | 15,18                  | 19,42              |
| Холестерин, %                                        | 0,16 ± 0,02            | 0,26 ± 0,02**      |
| Содержание жира, %                                   | 88,1 ± 2,14            | 80,4 ± 1,93*       |

перепелок в 60-суточном возрасте и по сниженной затрате корма на прирост. Так, при достижении 60-дневного возраста живая масса перепелок группы 1 составила 204,3 г, группы 2 – 213,5, группы 3 – 208,7 г, то есть в группе 2 она оказалась выше на 4,5% ( $p < 0,1$ ). Затраты корма у перепелок за период выращивания на 1 г прироста составили 8,2; 7,5 и 8,0 г соответственно (см. табл. 5).

Птицы, в рацион которых включали подкожный жир породы К, в 60-дневном возрасте имели тенденцию превосходства над контрольными по живой массе и приросту тела. Затраты корма на единицу прироста оказались в группе 2 меньше на 8,2%. В 70-дневном возрасте из всех групп были рандомически отобраны по 10–13 петушков и по 6 курочек для дальнейшего выращивания с целью последующего убоя и отбора проб биологического материала. За 90-дневный период выращивания, то есть до достижения 165-дневного возраста, живая масса петушков группы 1 увеличилась на 8,3 г, группы 2 – на 4,9 и группы 3 – на 7,9 г. При этом в 165-дневном возрасте живая масса их составила соответственно 194,5; 200,9 и 195,7 г, то есть оказалась немного выше в группе 2. По химическому составу грудной мышцы в возрасте 165 дней по большинству параметров существенной разницы между группами не отмечено.

Яйценоскость на одну несушку за 92 дня в группе 1 составила 62,7 яиц, в группе 2 – 71,3 и в группе 3 – 63,5 яйца, затраты корма

**Табл. 5. Сохранность, прирост живой массы и затраты корма на прирост перепелок**

**Table 5. Survival, live weight gain and feed costs for the growth of quails**

| Показатель                           | Группа          |              |              |
|--------------------------------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                      | 1 (контрольная) | 2 (опытная)  | 3 (опытная)  |
| Численность перепелок, гол.          | 60              | 60           | 60           |
| Сохранность, %                       | 95              | 95           | 97           |
| Живая масса при вылуплении, г        | 9,03 ± 0,13     | 9,13 ± 0,14  | 9,08 ± 0,14  |
| Живая масса в 30 дней                | 118,3 ± 2,04    | 124,2 ± 2,22 | 126,3 ± 1,96 |
| Живая масса в 60 дней                | 204,3 ± 3,45    | 213,5 ± 3,47 | 208,7 ± 2,89 |
| Среднесуточный прирост за 60 дней, г | 3,25 ± 0,05     | 3,41 ± 0,06  | 3,33 ± 0,05  |
| Среднесуточный прирост к контролю, % | 100             | 104,9        | 102,5        |
| Затраты корма (г на 1 г прироста)    | 8,2             | 7,5          | 8,0          |

на 10 яиц составили соответственно 0,525; 0,412 и 0,507 кг. Средняя масса яйца оказалась наибольшей у курочек из группы 2 –  $11,38 \pm 0,16$  г против  $11,23 \pm 0,18$  г в контроле и  $10,65 \pm 0,09$  г в группе 3 ( $p < 0,01$ ).

В желтке яиц перепелов, получающих с кормом жир свиней обеих пород, было больше аминокислот валина и изолейцина, чем в контроле. В белке яиц группы 3 отмечено больше гистидина на 0,23% ( $p < 0,01$ ), но меньше на 0,14% изолейцина ( $p < 0,01$ ), чем в контроле. Таким образом, можно сделать предварительное заключение о том, что кормовая добавка растущему молодняку перепелок, включающая жир свиней породы К, в котором содержится больше насыщенных жирных кислот и меньше холестерина, ведет к увеличению скорости роста, улучшению яйценоскости и укрупнению яиц по сравнению с другими группами.

*Результаты исследований биохимического состава крови перепелок в 8- и 23-недельном возрасте*

У перепелок, получавших с кормом жир свиней, в сыворотке крови в 23-недельном

возрасте оказалось больше триглицеридов по сравнению с птицей, получавшей растительное масло (см. табл. 6).

Так, в группе К содержалось ТГ  $123,7 \pm 11,39$  мг/дл против  $90,0 \pm 9,23$  в контрольной ( $p < 0,01$ ) и  $107,8 \pm 12,02$  мг/дл в группе П. По содержанию общего холестерина в обеих возрастных группах существенных различий не наблюдали с некоторой тенденцией превосходства в группах 2 и 3 по сравнению с контрольной в 23-месячном возрасте.

У перепелок, получавших в качестве добавки растительное масло, как в 8-, так и в 23-недельном возрасте наблюдали тенденцию повышенного содержания ЛПВП в сыворотке крови, особенно в сравнении с птицей, получавшей жир породы П. И, наоборот, ЛПНП было у них несколько меньше (см. табл. 6).

Исследования ПОЛ сыворотки крови показали, что в 23-недельном возрасте исходный уровень продуктов ПОЛ в ЛПНП у птиц, получавших жир свиней породы П был наибольшим ( $1,91$  нмоль МДА/мг белка) против  $1,14$  нмоль МДА/мг белка в контроле

**Табл. 6.** Биохимический состав крови перепелок в 23-недельном возрасте

**Table 6.** The biochemical composition of the blood of quails at 23 weeks of age

| Показатель                      | Группа 1<br>(контрольная) | Группа 2<br>(кемеровская) | Группа 3<br>(пьетрен) |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| ТГ, мг/дл                       | $90,0 \pm 9,23$           | $123,7 \pm 11,39^*$       | $107,8 \pm 12,02$     |
| ОХ, мг/дл                       | $128,7 \pm 12,97$         | $130,4 \pm 10,22$         | $137,7 \pm 15,38$     |
| FORD, mmol/l                    | $2,3 \pm 0,07$            | $2,2 \pm 0,09$            | $2,2 \pm 0,06$        |
| ПОЛ (0 мин) нмоль МДА/мг белка  | $1,1 \pm 0,2$             | $1,7 \pm 0,31$            | $1,9 \pm 0,23^*$      |
| ПОЛ (30 мин) нмоль МДА/мг белка | $3,8 \pm 0,39$            | $4,5 \pm 0,53$            | $3,8 \pm 0,45$        |
| ЛПВП, мг/дл                     | $81,7 \pm 7,42$           | $77,1 \pm 4,81$           | $71,2 \pm 6,7$        |
| ЛПНП, мг/дл                     | $29,0 \pm 5,51$           | $28,6 \pm 4,81$           | $44,9 \pm 9,01$       |
| АИ, усл. ед.                    | $0,57 \pm 0,06$           | $0,69 \pm 0,69$           | $0,93 \pm 0,10^{**}$  |
| ОБ, г/л                         | $24,3 \pm 3,01$           | $25,3 \pm 2,31$           | $25,4 \pm 2,12$       |
| Ал, г/л                         | $9,2 \pm 0,95$            | $9,7 \pm 0,48$            | $9,8 \pm 0,76$        |
| Гл, ммоль/л                     | $10,0 \pm 1,32$           | $9,2 \pm 0,88$            | $10,5 \pm 0,93$       |

Примечание. ЖВ – живой вес, ТГ – триглицериды, ОХ – общий холестерин, АОА (FORD) – антиокислительная активность, ПОЛ 0 – перекисное окисление липидов, исходный уровень, ПОЛ 30 – окислительная резистентность ЛПНП, ЛПВП – липопротеины высокой плотности, ЛПНП – липопротеины низкой плотности, ОБ – общий белок, Ал – альбумины, Гл – глюкоза, АИ – атерогенный индекс.

(растительное масло) ( $p < 0,01$ ) и 1,65 нмоль МДА/мг белка у перепелок, получавших жир породы К.

Через 30 мин после принудительного окисления уровень ПОЛ (МДА) у птиц, получавших добавки растительного масла, увеличился по сравнению с исходным уровнем в 3,31 раза ( $p < 0,001$ ) против показателей – в 2,73 ( $p < 0,001$ ) и 2,01 раза ( $p < 0,001$ ) – птиц, получавших добавки соответственно жира породы К и жира породы П. Таким образом, ЛПНП сыворотки крови под принудительным окислением оказались несколько сильнее подвержены ПОЛ под влиянием растительного масла, меньше всего – под влиянием жира породы П. По данным эксперимента 32 обсервационных исследований добавок жирных кислот, поступающих с пищей (530 525 участников эксперимента), установлено следующее. Относительный риск ишемической болезни сердца составляет 1,02 для насыщенных, 0,99 для мононенасыщенных, 0,93 для длинноцепочечных полиненасыщенных  $\omega$ -3; 1,01 для  $\omega$ -6 полиненасыщенных и 1,16 для трансжирных кислот [2], то есть связь между заболеваниями коронарных артерий и потреблением общих насыщенных жирных кислот (НЖК) не подтвердилась.

Не найдено убедительной связи между насыщенными жирами и смертностью от ИБС в последующем систематическом обзоре и метаанализе наблюдательных исследований [9]. Сделан вывод о том, что насыщенные жиры не связаны со смертностью от ССЗ, ИБС, ишемического инсульта или диабета 2-го типа, но доказательства неоднородны с методологическими ограничениями. Молочный жир, который содержит большое количество насыщенных жирных кислот, на самом деле уменьшает риск развития сердечно-сосудистых заболеваний<sup>5</sup>.

В наших исследованиях сало свиней пород К и П, которое скормливали перепелкам, значительно отличалось по концентрации миристиновой, пальмитиновой и линолевой жирных кислот. Если миристиновой и паль-

митиновой жирных кислот отмечено больше у породы К, то линолевой – у породы П.

Некоторые ученые считают, что пальмитиновая кислота (С 16 : 0) связана с неблагоприятными сердечно-сосудистыми событиями, высокие уровни ее в крови связаны с высоким риском возникновения и прогрессирования ИБС [10]. По данным других исследователей, более высокое потребление линолевой кислоты (ЛК) связано с более низким риском ИБС в зависимости от дозы [11].

В наших исследованиях перепела группы 3 получали свинной жир с высокой концентрацией ПНЖК и особенно линолевой жирной кислоты, которые являются основным источником перекисного окисления липидов. Известно, что при этом в крови и тканях появляются высокие концентрации продуктов перекисного окисления липидов, в частности – малонового диальдегида, дестабилизирующего клеточные мембраны, вызывая атеросклеротические изменения, углубляющиеся при стрессовых воздействиях, при нарушении баланса между образованием и улавливанием свободных радикалов [12–14].

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии различий в АОА холестерина сыворотки крови перепелок в зависимости от вида скормливаемого им жира (см. табл. 6) При этом в исходном уровне ПОЛ было выше у перепелок группы 3 ( $p < 0,05$ ), которым скормливали жир свиней породы П, характеризующегося большим содержанием ПНЖК ( $1,9 \pm 0,23$  нмоль МДА/мг белка в группе 3,  $1,7 \pm 0,31$  в группе 2 и  $1,1 \pm 0,20$  нмоль МДА/мг белка в контрольной группе 1).

Содержание ОХ в крови перепелок 23-недельного возраста по сравнению с 8-недельным под влиянием длительного кормления добавками используемых жиров значительно уменьшилось, в том числе в контрольной группе в 1,49 раза ( $p < 0,001$ ), в группе 2 – в 1,58 раза ( $p < 0,001$ ) и в группе 3 – в 1,32 раза ( $p < 0,05$ ). Если в целом по всем группам отмечена положительная корреляция между ТГ и ОХ ( $r = 0,73$ ), то в группах, где птицы

<sup>5</sup>Peter Elwood. The myth of fat-reduced milk and dairy foods. NFU Cymru Briefing 5th February 2015. URL: <https://www.nfu-cymru.org.uk/milk-health-website-piece/>.



получали свиной жир, повышение уровня ТГ сопровождалось снижением ОХ. Существенной разницы по ОХ между группами не наблюдали как в 8-, так и в 23-недельном возрасте. Уровень ЛПВП и ЛПНП с возрастом значительно снижался во всех подопытных группах перепелок. Уровень ЛПНП в 23-недельном возрасте оказался наиболее высоким у перепелок, получающих с кормом жир породы П, характеризующийся повышенным содержанием ПНЖК и холестерина (44,9 мг/дл против 29,0 в группе 1 и 28,6 мг/дл в группе 2).

Несмотря на повышенный уровень пальмитиновой кислоты в жире свиней породы К, которая способна задерживать «плохой» холестерин (ЛПНП) и провоцирует увеличение сахара в крови у перепелок, потребляющих с кормом этот жир, увеличения глюкозы в сыворотке крови не отмечено. В 8-недельном возрасте в сыворотке крови перепелок группы 1 (контроль) было глюкозы  $11,2 \pm 0,96$  ммоль/л, в группе 2 –  $10,2 \pm 1,33$  и в группе 3 –  $9,7 \pm 1,16$  ммоль/л, в 23-недельном возрасте соответственно  $10,0 \pm 1,32$ ;  $9,2 \pm 0,88$  и  $10,5 \pm 0,93$  ммоль/л. Содержание глюкозы в сыворотке крови имело довольно высокую степень корреляции с ОХ ( $r = 0,44$ ), ТГ ( $r = 0,38$ ), ЛПВП ( $r = 0,66$ ) и ОБ ( $r = 0,38$ ).

АИ (отношение (ОХ-ЛПВП)/ЛПВП), характеризующий риск развития ишемической болезни сердца, соответственно был самым высоким ( $p < 0,01$ ) у перепелок с повышенным уровнем ЛПНП, получающих в качестве кормовой добавки свиной жир породы П (0,93 против 0,57 и 0,69 в других группах), обладающий пониженным уровнем НЖК (см. табл. 6). В экспериментах Mondé Aké Absalome, Lohoues Essis Claude, Gauze-Gnagne-Agnero Chantal et al. [6], которые изучали влияние разных типов масел (традиционное, промышленное, желтое рафинированное пальмовое масло, арахисовое, хлопковое и соевое), показано, что пальмовое масло во всех его формах, содержащее большой уровень насыщенных жирных кислот, снижает уровень триглицеридов, холестерина, ЛПНП и увеличивает уровень холестерина ЛПВП у цыплят, питающихся этим маслом. Артериальные поражения были меньше у цыплят,

которых кормили пальмовым маслом. Авторы пришли к выводу, что пальмовое масло является одним из растительных масел, которое оказывает защитное действие против атеросклероза.

Полученные данные свидетельствуют о том, что жир, содержащий большое количество НЖК и меньший уровень холестерина, к числу которых относятся подкожный жир свиней и пальмовое масло, могут быть полезными для предотвращения атеросклероза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование разных типов жира в качестве кормовой добавки, позволяет сделать определенные выводы об их влиянии на рост, развитие животных в течение периода жизни от рождения до достижения взрослого состояния. Перепелки, которым добавляли в корм жир свиней кемеровской породы (группа 2), быстрее росли и в 2-месячном возрасте по живой массе превосходили аналогов контрольной группы, получавшей с кормом растительное масло. Яйценоскость перепелок, кормившихся жиром свиней породы К, за 92 дня с начала яйцекладки была на 8 яиц больше, чем у получающих жир свиней породы П и растительное масло. В биохимическом составе крови перепелок наблюдали определенные отличия. Наблюдала тенденцию превосходства по ОХ в крови у птиц, получавших жир с более высоким его уровнем. Исходный показатель ПОЛ, выраженный в уровне конечного продукта ПОЛ – МДА, был достоверно ( $p < 0,05$ ) выше у птиц, получавших жир с наиболее высоким уровнем ПНЖК (1,9 нмоль/мг белка) против 1,7 в группе 2 и 1,1 нмоль/мг белка в контрольной группе. Однако на окислительную модификацию сильнее реагировали ЛПНП птиц, получавших рацион с растительным маслом, когда ПОЛ возросло в 3,4 раза, против 2,6 раза в группе 2 и в 2 раза в группе 3. АИ оказался выше всего ( $p < 0,01$ ) у перепелок группы 3, получавших рацион, содержащий жир свиней породы П с высоким уровнем ОХ и богатый ПНЖК – 0,93 против 0,69 в группе 2 и 0,57 в контрольной группе 1.

Жир свиней породы К вызывает меньший АИ, чем жир свиней породы П. Можно сделать предварительное заключение, что жир свиней, содержащий больше НЖК, но меньше холестерина и линолевой жирной кислоты, более полезен в питании животных и человека, что требует дальнейших исследований. Впервые на модельном объекте получено доказательство того, что жир животных, содержащий больше НЖК, но меньше ПНЖК, особенно линолевой жирной кислоты и холестерина, при потреблении животными с кормом не отрицательно, а положительно влияет на продуктивность и сердечно-сосудистую систему животных.

Полученные результаты исследований на птице (перепелках), как на модельном объекте, со сходными с людьми характеристиками выделения митохондриями свободных радикалов при расщеплении жирных кислот [7], дают основу для проверки полученных данных на людях и для селекции свиней в направлении увеличения в их жире насыщенных жирных кислот.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jie Zhang, Jie Chai, Zonggang Luo, Hang He, Lei Chen, Xueqin Liu, Qinfei Zhou. Meat and nutritional quality comparison of purebred and crossbred pigs // *Animal Science Journal*. 2018. Vol. 89. N 1. P. 202–210. DOI: 10.1111/asj.12878.
2. Rajiv Chowdhury, Samantha Warnakula, Setor Kunutsor, Francesca Crowe, Heather A Ward, Laura Johnson, Oscar H Franco, Adam S Butterworth, Nita G Forouhi, Simon G Thompson, Kay-Tee Khaw, Dariush Mozaffarian, John Danesh, Emanuele Di Angelantonio. Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis // *Annals of Internal Medicine*. 2014. Vol. 160. P. 398–406. DOI: 10.7326/M13-1788.
3. Fumiaki Ito and Tomoyuki Ito. High-Density Lipoprotein (HDL) Triglyceride and Oxidized HDL: New Lipid Biomarkers of Lipoprotein-Related Atherosclerotic Cardiovascular Disease // *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. N 5. P. 362. DOI: 10.3390/antiox9050362.
4. Alexandra T. Wade, Courtney R. Davis, Kathryn A. Dyer, Jonathan M. Hodgson, Richard J. Woodman, Hannah A.D. Keage, Karen J Murphy. A Mediterranean Diet with Fresh, Lean Pork Improves Processing Speed and Mood: Cognitive Findings from the Med Pork Randomised Controlled Trial // *Nutrients*. 2019. Vol. 11. N 7. P. 1521. DOI: org/10.3390/nu11071521.
5. Vittoria Cammisotto, Cristina Nocella, Simona Bartimoccia, Valerio Sanguigni, Davide Francomano, Sebastiano Sciarretta, Daniele Pastori, Mariangela Peruzzi, Elena Cavarretta, Alessandra D'Amico, Valentina Castellani, Giacomo Frati, Roberto Carnevale and SMiLe Group. The Role of Antioxidants Supplementation in Clinical Practice: Focus on Cardiovascular Risk Factors // *Antioxidants*. 2021. Vol. 10. N 2. P. 146. DOI: 10.3390/antiox10020146.
6. Mondé Aké Absalome, Lohoues Essis Claude, Gauze-Gnagne-Agnero Chantal, Camara-Cissé Massara, Diomandé Mohenou Isidore, Djessou Sossé Prosper, Sess Essiagne Daniel. Relationship Between Lipid Assessment and Arterial Lesions Observed in Farm Chickens Fed on Different Vegetable Oils // *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2016. Vol. 4. N 5. P. 126–130. DOI: 10.11648/j.jfns.20160405.12.
7. Лу Hoy. Эгоистичная митохондрия. Как сохранить здоровье и отодвинуть старость: монография. Санкт-Петербург: Питер. 2020. 304 с.
8. Bekenev V.A., Garcia A., Arishin A.A., Ragino Yu.I., Polonskaya Ya.V., Bolshakova-botsan I.V. The ratio of qualitative indicators of pork with lipid metabolism in pigs of different breeds *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Vol. 9. N 5. P. 2326–2334.
9. de Souza R.J., Mente A., Maroleanu A., Adriana I. Cozma, Ha Vanessa, Kishibe Teruko, Elizabeth Uleryk, Patrick Budylowski, Holger Schünemann, Joseph Beyene, Sonia S. Anand. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies // *British Medical Journal*. 2015. Vol. 11. P. 351:h3978. DOI: 10.1136/bmj.h3978.
10. Shramko V.S., Polonskaya Y.V., Kashtanova E.V., Stakhneva E.M., Ragino Y.I. The Short Overview on the Relevance of Fatty Acids for Human Cardiovascular Disorders // *Biomolecules*. 2020. Vol. 10. P. 1127. DOI: 10.3390/biom10081127.

11. Farvid M.S., Ding M., Pan A., Sun Q., Chiuve S.E., Steffen L.M., Willett L., Frank B. Dietary Linoleic Acid and Risk of Coronary Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies // *Circulation*. 2014. Vol. 130. P. 1568–1578. DOI: 10.1161/circulationaha.114.010236.
  12. Silvana Hrelia and Cristina Angeloni. New Mechanisms of Action of Natural Antioxidants in Health and Disease // *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. N 4. P. 344. DOI: 10.3390/antiox9040344.
  13. Elodie Bacou, Carrie Walk, Sebastien Rider, Gilberto Litta and Estefania Perez-Calvo. Dietary Oxidative Distress: A Review of Nutritional Challenges as Models for Poultry, Swine and Fish // *Antioxidants*. 2021. Vol. 10, N 4. P. 525. DOI: 10.3390/antiox10040525.
  14. Jean-Marc Zingg, Adelina Vlad and Roberta Ricciarelli. Oxidized LDLs as Signaling Molecules // *Antioxidants*. 2021. Vol. 10. N 8. P. 1184. DOI: 10.3390/antiox10081184
- REFERENCES**
1. Jie Zhang, Jie Chai, Zonggang Luo, Hang He, Lei Chen, Xueqin Liu, Qinfei Zhou. Meat and nutritional quality comparison of purebred and crossbred pigs // *Animal Science Journal*. 2018. vol. 89, no. 1, pp. 202–210. DOI:10.1111/asj.12878.
  2. Rajiv Chowdhury, Samantha Warnakula, Setor Kunutsor, Francesca Crowe, Heather A Ward, Laura Johnson, Oscar H Franco, Adam S Butterworth, Nita G Forouhi, Simon G Thompson, Kay-Tee Khaw, Dariush Mozaffarian, John Danesh, Emanuele Di Angelantonio. Association of dietary, circulating, and supplement fatty acids with coronary risk: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 2014, vol. 160, pp. 398–406. DOI: 10.7326/M13-1788.
  3. Fumiaki Ito and Tomoyuki Ito. High-Density Lipoprotein (HDL) Triglyceride and Oxidized HDL: New Lipid Biomarkers of Lipoprotein-Related Atherosclerotic Cardiovascular Disease. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, no. 5, pp. 362. DOI: 10.3390/antiox9050362.
  4. Alexandra T. Wade, Courtney R. Davis, Kathryn A. Dyer, Jonathan M. Hodgson, Richard J. Woodman, Hannah A. D. Keage, Karen J Murphy. A Mediterranean Diet with Fresh, Lean Pork Improves Processing Speed and Mood: Cognitive Findings from the Med Pork Randomised Controlled Trial. *Nutrients*, 2019, vol. 11, no. 7, p. 1521. DOI: 10.3390/nu11071521.
  5. Vittoria Cammisotto, Cristina Nocella, Simona Bartimoccia, Valerio Sanguigni, Davide Francomano, Sebastiano Sciarretta, Daniele Pastori, Mariangela Peruzzi, Elena Cavarretta, Alessandra D'Amico, Valentina Castellani, Giacomo Frati, Roberto Carnevale and SMiLe Group. The Role of Antioxidants Supplementation in Clinical Practice: Focus on Cardiovascular Risk Factors. *Antioxidants*, 2021, vol. 10, no. 2, p. 146. DOI: 10.3390/antiox10020146.
  6. Mondé Aké Absalome, Lohoues Essis Claude, Gauze-Gnagne-Agnero Chantal, Camara-Cissé Massara, Diomandé Mohenou Isidore, Djessou Sossé Prosper, Sess Essiagne Daniel. Relationship Between Lipid Assessment and Arterial Lesions Observed in Farm Chickens Fed on Different Vegetable Oils. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2016, vol. 4, no. 5, pp. 126–130. DOI: 10.11648/j.jfns.20160405.12.
  7. Lee Know. *Selfish mitochondrion. How to maintain health and push back old age*. St. Petersburg, Peter. 2020. 304 p. (In Russian).
  8. Bekenev V.A., Garcia A., Arishin A.A., Ragino Yu.I., Polonskaya Ya.V., Bolshakova-botsan I.V. The ratio of qualitative indicators of pork with lipid metabolism in pigs of different breeds Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018, Vol. 9, no. 5, pp. 2326–2334.
  9. de Souza R.J., Mente A., Maroleanu A., Adriana I. Cozma, Ha Vanessa, Kishibe Teruko, Elizabeth Uleryk, Patrick Budylowski, Holger Schünemann, Joseph Beyene, Sonia S. Anand. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. *British Medical Journal*, 2015, vol. 11, pp. 351:h3978. DOI: 10.1136/bmj.h3978.
  10. Shramko V.S., Polonskaya Y.V., Kashtanova E.V., Stakhneva E.M and Ragino Y.I. The Short Overview on the Relevance of Fatty Acids for Human Cardiovascular Disorders. *Biomolecules*, 2020, vol. 10, pp. 1127. DOI: 10.3390/biom10081127.
  11. Farvid M.S., Ding M., Pan A., Sun Q., Chiuve S.E., Steffen L.M., Willett L., Frank B. Dietary Linoleic Acid and Risk of Coronary Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *Circulation*, 2014, vol. 130, pp. 1568–1578. DOI: 10.1161/circulationaha.114.010236.

12. Silvana Hrelia and Cristina Angeloni. New Mechanisms of Action of Natural Antioxidants in Health and Disease. *Antioxidants*, 2020, vol. 9, no. 4, p. 344. DOI: 10.3390/antiox9040344.
13. Elodie Bacou, Carrie Walk, Sebastien Rider, Gilberto Litta and Estefania Perez-Calvo. Dietary Oxidative Distress: A Review of Nutritional Challenges as Models for Poultry, Swine and Fish. *Antioxidants*, 2021, vol. 10, no. 4, pp. 525. DOI: 10.3390/antiox10040525.
14. Jean-Marc Zingg, Adelina Vlad and Roberta Ricciarelli. Oxidized LDLs as Signaling Molecules. *Antioxidants*, 2021, vol. 10, no. 8, p. 1184. DOI: 10.3390/antiox10081184.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Бекенёв В.А.** доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630054 г. Новосибирск, ул. Степная, 34, кв. 116; e-mail: bekenev@ngs.ru

**Аришин А.А.**, доктор биологических наук

**Каштанова Е.В.**, руководитель лаборатории, доктор медицинских наук

**Полонская Я.В.** старший научный сотрудник, доктор медицинских наук

**Мерзлякова О.Г.**, старший научный сотрудник

**Чегодаев В.Г.**, старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук

**Бекенева К.А.**, студентка 5-го курса

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Vitaly A. Bekenev**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher, Laboratory Head; **address:** Apt. 116, 34, Stepnaya St., Novosibirsk, 630054, Russia; e-mail: bekenev@ngs.ru

**Anatoly A. Arishin**, Doctor of Science in Biology

**Elena V. Kashtanova**, Laboratory Head, Doctor of Science in Medicine

**Yana V. Polonskaya**, Senior Researcher, Doctor of Science in Medicine

**Olga G. Merzlyakova**, Senior Researcher

**Victor G. Chegodaev**, Senior Researcher, Candidate of Science in Agriculture

**Kseniya A. Bekeneva**, 5th year student

Дата поступления статьи / Received by the editors 29.03.2023  
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.05.2023  
Дата публикации / Published 20.06.2023



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция, семеноводство и биотехнология растений;
- агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений;
- кормопроизводство;
- инфекционные болезни и иммунология животных;
- частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства;
- разведение, селекция, генетика и биотехнология животных;
- технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса;
- пищевые системы.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

| Наименование рубрики                                                                                                          | Шифр и наименование научной специальности в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Земледелие и химизация                                                                                                        | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Растениеводство и селекция                                                                                                    | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Защита растений                                                                                                               | 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Кормопроизводство                                                                                                             | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений<br>4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Зоотехния и ветеринария                                                                                                       | 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных<br>4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства<br>4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение                                                        | 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Переработка сельскохозяйственной продукции                                                                                    | 4.3.3. Пищевые системы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Проблемы. Суждения<br>Научные связи<br>Из истории сельскохозяйственной науки<br>Краткие сообщения<br>Из диссертационных работ | 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство<br>4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений<br>4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений<br>4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных<br>4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства<br>4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных<br>4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса<br>4.3.3. Пищевые системы |

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

К рассмотрению принимаются материалы от различных категорий исследователей, аспирантов, докторантов, специалистов и экспертов в соответствующих областях знаний.

Все статьи рецензируются и имеют зарегистрированный в системе CrossRef индекс DOI.

Публикации для авторов **бесплатны**.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

## РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

## ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

1. Отправка статьи осуществляется через электронную редакцию на сайте журнала <https://sibvest.elpub.ru/jour/index>. После предварительной регистрации автора в правом верхнем углу страницы выбрать опцию «Отправить рукопись». Затем загрузить рукопись статьи (в формате \*.doc или \*.docx) и сопроводительные документы к ней. После завершения загрузки материалов обязательно выбрать опцию «Отправить письмо», в этом случае редакция автоматически будет уведомлена о получении новой рукописи.

Сопроводительные документы к рукописи статьи:

- скан-копия письма от организации с подтверждением авторства и разрешением на публикацию (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия авторской справки по представленной форме (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>), в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет;
- скан-копия рукописи с подписями авторов. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН;
- анкеты авторов на русском и английском языках (образец на <http://sibvest.elpub.ru/>);
- скан-копия справки из аспирантуры (для очных аспирантов).

2. Все поступающие в редакцию рукописи статей регистрируются через систему электронной редакции. В личном кабинете автора отражается текущий статус рукописи.

3. Нерецензируемые материалы (материалы научной хроники, рецензии, книжные обозрения, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых) направляются на e-mail: [sibvestnik@sfsc.ru](mailto:sibvestnik@sfsc.ru) и регистрируются ответственным секретарем.

## ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

Текст рукописи оформляется шрифтом Times New Roman, кеглем 14 с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу. Объем статьи не более 15 страниц (включая таблицы, иллюстрации и библиографию); статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 7 страниц.

**Структура оформления статьи:**

1. **УДК**

2. **Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).**

3. **Фамилии и инициалы авторов, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, на русском и английском языках.**

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

4. **Реферат на русском и английском языках.** Объем реферата не менее 200–250 слов. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

5. **Ключевые слова на русском и английском языках.** 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли реферат и название статьи.

6. **Информация о конфликте интересов либо его отсутствии.** Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

7. **Благодарности на русском и английском языках.** В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

8. **Основной текст статьи.** При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

**ВВЕДЕНИЕ** (постановка проблемы, цели, задачи исследования)

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ** (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** или **ВЫВОДЫ**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.** Количество источников не менее 15. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии. Самоцитирование не более 10% от общего количества. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке упоминания в тексте, желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Правила оформления списка литературы – в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 (требования и правила составления библиографической ссылки). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, рекомендации, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

**Внимание!** Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

## ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ, REFERENCES И СНОСОК

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

#### **Монография**

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

#### **Часть книги**

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

#### **Периодическое издание**

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

### REFERENCES:

Составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в устоявшемся способе транслитерации, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника (например, через сайт: <https://antrophob.ru/translit-bis>)* = англоязычное название источника. Далее оформление для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, том, номер, страницы. (In Russian).

**Пример:** Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи

*Zaglavie jurnala* = Title of Journal, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = Англоязычное название источника

#### **Монография**

Klimova E.V. *Field crops of Zabaikalya*. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

#### **Часть книги**

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

#### **Периодическое издание**

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

### СНОСКИ:

Цитируемый текст<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

**Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI** (когда он есть у цитируемого материала)

необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

## РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает

порядковый номер рисунка и его название: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в виде файлов формата \*.jpeg (\*.doc и \*.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\pi$  и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (*W*, *Z*, *m*, *n* и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы ( $W^1$ ,  $F_1$  и др.).

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе редакция оставляет за собой право:

- принять статью к рассмотрению;
- вернуть статью автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные;
- вернуть статью автору (авторам) без рассмотрения, оформленную не по требованиям журнала;
- отклонить статью из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Переписка с авторами рукописи ведется через контактное лицо, указанное в рукописи.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранения замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

## ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

## ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

## ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзываемая статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине ее отзыва. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.



## ***УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!***

Подписку на журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»

(как на годовой комплект, так и на отдельные номера)

можно оформить одним из следующих способов:

- в агентстве подписки ГК «Урал-Пресс» по индексу 014973. Ссылка на издание [https://www.ural-press.ru/catalog/97210/8707659/?sphrase\\_id=392975](https://www.ural-press.ru/catalog/97210/8707659/?sphrase_id=392975). В разделе контакты зайти по ссылке <http://ural-press.ru/contact/>, где можно выбрать филиал по месту жительства;
- в редакции журнала (телефон 7-383-348-37-62; e-mail: [sibvestnik@sfscs.ru](mailto:sibvestnik@sfscs.ru)).

Полнотекстовая версия журнала

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»

размещена на сайте Научной электронной библиотеки:

<http://www.elibrary.ru>.

THE SCIENTIFIC JOURNAL  
**SIBERIAN HERALD**  
OF AGRICULTURAL SCIENCE  
*SIBIRSKII VESTNIK SEL'SKOKHOZYAISTVENNOI NAUKI*

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES  
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES  
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

12 ISSUES PER YEAR

**Volume 53, No 5 (294)**

DOI: 10.26898



**2023**  
**May**

**Editor-in-Chief** – Alexander S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher, Head of Research Group of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Deputy Editor-in-Chief** – Tatyana A. Lombanina, Head of the «Agronauka» Publishing House of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Editorial board:**

|                          |                                                                                                          |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vladimir V. Azarenko     | Dr. Sci. in Engineering, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Minsk, Belarus                     |
| Victor V. Alt            | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia                                  |
| Olga S. Afanasenko       | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia                                 |
| B. Byambaa               | Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Acad. of Mongolian Acad. Sci., Ulaanbaatar, Mongolia                    |
| Anatoly N. Vlasenko      | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia                                  |
| Natalia G. Vlasenko      | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                      |
| Kirill S. Golokhvast     | Cor. Mem. of Russ. Acad. Edu., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                  |
| Olga V. Golub            | Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia                                                             |
| Nikolay P. Goncharov     | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                      |
| Mikhail I. Gulyukin      | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Moscow, Russia                               |
| Valery N. Delyagin       | Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia                                                             |
| Seyed Ali Johari         | Associate Professor, PhD, Sanandaj, Iran                                                                 |
| Irina M. Donnik          | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia                                           |
| Nikolay A. Donchenko     | Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia                      |
| Nikolay M. Ivanov        | Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia                              |
| Andrey Yu. Izmailov      | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia                                       |
| Nikolay I. Kashevarov    | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia                                  |
| Valery I. Kiryushin      | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia                                           |
| Sergey N. Mager          | Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                                                 |
| Konstantin Ya. Motovilov | Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                  |
| Oleg K. Motovilov        | Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia                                                             |
| Askar M. Nametov         | Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Uralsk, Kazakhstan |
| Vasil S. Nikolov         | Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Sofia, Bulgaria                                                         |
| Sergey P. Ozornin        | Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia                                                                   |
| Valery L. Petukhov       | Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia                                                                 |
| Revmira I. Polyudina     | Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia                                                             |
| Marina I. Selionova      | Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia                                                                      |
| Vladimir A. Soloshenko   | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia                                  |
| Nikolay A. Surin         | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia                                  |
| Ivan F. Khramtsov        | Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia                                         |
| Sezai Ercisli            | Professor, PhD, Erzurum, Turkey                                                                          |
| Seung H. Yang            | Professor, PhD, Gwangju, Korea                                                                           |



[www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

Editors *E.M. Isaevich, E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*. Corrector *V.E. Selianina*.

Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *M.Sh. Gacenko*.

Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media, Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Editorial and publisher's address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia.

Printing house address: room 156, SRI of Fodder Crops building, Krasnoobsk, Novosibirsk district, Novosibirsk region, 630501, Russia.

Tel/fax: +7-383-348-37-62; e-mail: [sibvestnik@sfsc.ru](mailto:sibvestnik@sfsc.ru), [vestnik.nsk@ngs.ru](mailto:vestnik.nsk@ngs.ru); [www.sibvest.elpub.ru](http://www.sibvest.elpub.ru)

© Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2023  
© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2023